

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-280302

(43)Date of publication of application : 27.09.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/20  
G02F 1/1368  
G09F 9/30  
H01L 21/268  
H01L 29/786  
H01L 21/336

(21)Application number : 2001-076099

(71)Applicant : SEMICONDUCTOR ENERGY LAB  
CO LTD

(22)Date of filing : 16.03.2001

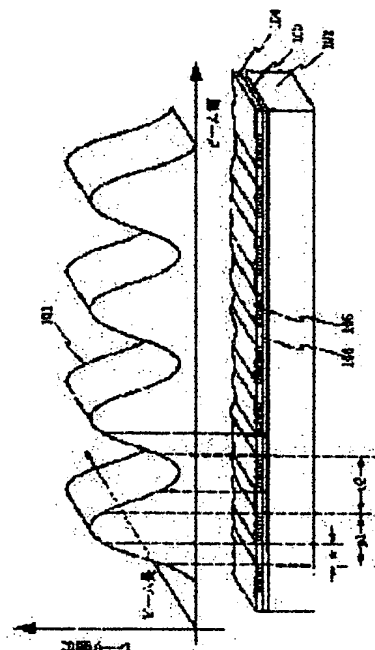
(72)Inventor : TANAKA KOICHIRO  
SHIMOMURA AKIHISA

## (54) METHOD OF MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To form position-controlled crystal grains with high throughput, in a laser irradiation method which is high in interference.

**SOLUTION:** When irradiating a semiconductor film with a laser beam using a laser which is high in interference as a light source, an interference fringe is made intentionally by optical system, so as to form energy distribution which is cyclic in one direction of the laser beam. The relative transfer distance for each pulse of the laser beam to the above semiconductor film becomes  $mp \pm w$ , when defined that the width of the row of the crystal grains is  $w$ , that the pitch of the above cyclic energy distribution is  $p$ , and that the natural number is  $m$ , and position-controlled crystal grains with high throughput can be formed. Moreover, it becomes possible to crystallize all the region which is irradiated with one pulse of laser beam by optimizing the incident angle of the laser beam and the strength.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-280302

(P2002-280302A)

(43) 公開日 平成14年9月27日 (2002.9.27)

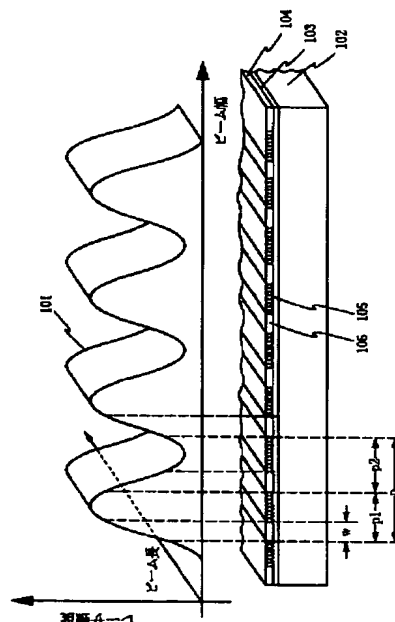
(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
H 0 1 L 21/20		H 0 1 L 21/20	2 H 0 9 2
G 0 2 F 1/1368		G 0 2 F 1/1368	5 C 0 9 4
G 0 9 F 9/30	3 3 8	G 0 9 F 9/30	3 3 8 5 F 0 5 2
H 0 1 L 21/268		H 0 1 L 21/268	J 5 F 1 1 0
29/786		29/78	6 2 7 G
審査請求 未請求 請求項の数31 O L (全 28 頁) 最終頁に続く			
(21) 出願番号	特願2001-76099(P2001-76099)	(71) 出願人	000153878 株式会社半導体エネルギー研究所 神奈川県厚木市長谷398番地
(22) 出願日	平成13年3月16日 (2001.3.16)	(72) 発明者	田中 幸一郎 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
		(72) 発明者	下村 明久 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 半導体装置の作製方法

## (57) 【要約】

【課題】 干渉性の高いレーザ照射装置を用いたレーザ照射方法において、位置制御された結晶粒を高いスループットで形成することを目的とする。

【解決手段】 干渉性の高いレーザを用い、該レーザを光源とするレーザ光を半導体膜に照射する際、光学系により故意に干渉縞を形成してレーザ光の一方方向に周期的なエネルギー分布を形成する。前記半導体膜に対するレーザ光の相対的な1パルス毎の移動距離は、結晶粒の列の幅を $w$ 、前記周期的なエネルギー分布のピッチ $p$ 、自然数 $m$ であるとき、 $m p \pm w$ となり、位置制御された結晶粒を高いスループットで形成することが可能となる。また、レーザ光の入射角および強度を最適化することにより、前記レーザ光が1パルス照射された領域が全て結晶化することが可能となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 照射面またはその近傍において一方向に周期的なエネルギー分布を有するレーザ光を半導体膜に照射する工程を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 2】 照射面またはその近傍において一方向に周期的なエネルギー分布を有するレーザ光を半導体膜に照射する工程を有し、前記レーザ光は前記半導体膜に対して、前記一方向に相対的に移動しながら照射することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 3】 照射面またはその近傍において一方向に周期的なエネルギー分布を有するレーザ光を半導体膜に照射する工程を有し、前記レーザ光は前記半導体膜に対して、前記一方向に相対的に移動しながら照射し、前記レーザ光の 1 パルス毎の前記半導体膜に対する相対的な移動距離は、前記レーザ光の照射により形成される結晶粒の列の幅  $w$ 、前記周期的なエネルギー分布のピッチ  $p$ 、自然数  $m$  であるとき、 $mp \pm w$  であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 4】 第 1 のレーザ光を複数の第 2 のレーザ光に分割する段階と、複数の前記第 2 のレーザ光を合成して、照射面またはその近傍において一方向に周期的なエネルギー分布を有する第 3 のレーザ光を形成する段階と、前記第 3 のレーザ光を半導体膜に照射する段階と、を有し、前記第 2 のレーザ光の入射角  $\theta$  は、前記第 2 のレーザ光の波長  $\lambda$ 、前記第 3 のレーザ光の照射により形成される結晶粒の列の幅  $w$ 、前記周期的なエネルギー分布のピッチ  $p$  であるとき、 $\sin \theta = \lambda / p$  (但し、 $p = 2w$ ) を満たすことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 5】 第 1 のレーザ光を複数の第 2 のレーザ光に分割する段階と、複数の前記第 2 のレーザ光を合成して、照射面またはその近傍において一方向に周期的なエネルギー分布を有する第 3 のレーザ光を形成する段階と、前記第 3 のレーザ光を半導体膜に照射する段階と、を有し、前記第 3 のレーザ光は前記半導体膜に対して、前記一方向に相対的に移動しながら照射し、前記第 2 のレーザ光の入射角  $\theta$  は、前記第 2 のレーザ光の波長  $\lambda$ 、前記第 3 のレーザ光の照射により形成される結晶粒の列の幅  $w$ 、前記周期的なエネルギー分布のピッチ  $p$  であるとき、 $\sin \theta = \lambda / p$  (但し、 $p = 2w$ ) を満たすことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 6】 照射面またはその近傍において短軸方向に周期的なエネルギー分布を有する矩形状ビームを半導体膜に照射する工程を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 7】 照射面またはその近傍において短軸方向に周期的なエネルギー分布を有する矩形状ビームを半導体膜に照射する工程を有し、前記矩形状ビームは前記半導体膜に対して、前記短軸方向に相対的に移動しながら

照射することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 8】 照射面またはその近傍において短軸方向に周期的なエネルギー分布を有する矩形状ビームを半導体膜に照射する工程を有し、前記矩形状ビームは前記半導体膜に対して、前記短軸方向に相対的に移動しながら照射し、前記矩形状ビームの 1 パルス毎の前記半導体膜に対する相対的な移動距離は、前記矩形状ビームの照射により形成される結晶粒の列の幅  $w$ 、前記周期的なエネルギー分布のピッチ  $p$ 、自然数  $m$  であるとき、 $mp \pm w$  であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 9】 第 1 のレーザ光を複数の第 2 のレーザ光に分割する段階と、複数の前記第 2 のレーザ光を合成して、照射面またはその近傍において短軸方向に周期的なエネルギー分布を有する矩形状ビームを形成する段階と、前記矩形状ビームを半導体膜に照射する段階と、を有し、前記矩形状ビームの入射角  $\theta$  は、前記第 2 のレーザ光の波長  $\lambda$ 、前記矩形状ビームの照射により形成される結晶粒の列の幅  $w$ 、前記周期的なエネルギー分布のピッチ  $p$  であるとき、 $\sin \theta = \lambda / p$  (但し、 $p = 2w$ ) を満たすことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 10】 第 1 のレーザ光を複数の第 2 のレーザ光に分割する段階と、複数の前記第 2 のレーザ光を合成して、照射面またはその近傍において短軸方向に周期的なエネルギー分布を有する矩形状ビームを形成する段階と、前記矩形状ビームを半導体膜に照射する段階と、を有し、前記矩形状ビームは前記半導体膜に対して、前記短軸方向に相対的に移動しながら照射し、前記矩形状ビームの入射角  $\theta$  は、前記第 2 のレーザ光の波長  $\lambda$ 、前記矩形状ビームの照射により形成される結晶粒の列の幅  $w$ 、前記周期的なエネルギー分布のピッチ  $p$  であるとき、 $\sin \theta = \lambda / p$  (但し、 $p = 2w$ ) を満たすことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 11】 照射面またはその近傍において長軸方向に周期的なエネルギー分布を有する矩形状ビームを半導体膜に照射する工程を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 12】 照射面またはその近傍において長軸方向に周期的なエネルギー分布を有する矩形状ビームを半導体膜に照射する工程を有し、前記矩形状ビームは前記半導体膜に対して、前記長軸方向に相対的に移動しながら照射することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 13】 照射面またはその近傍において長軸方向に周期的なエネルギー分布を有する矩形状ビームを半導体膜に照射する工程を有し、前記矩形状ビームは前記半導体膜に対して、前記長軸方向に相対的に移動しながら照射し、前記矩形状ビームの 1 パルス毎の前記半導体膜に対する相対的な移動距離は、前記矩形状ビームの照射により形成される結晶粒の列の幅  $w$ 、前記周期的なエネルギー分布のピッチ  $p$ 、自然数  $m$  であるとき、 $mp \pm w$  であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 14】 第 1 のレーザ光を複数の第 2 のレーザ光に分割する段階と、複数の前記第 2 のレーザ光を合成して、照射面またはその近傍において長軸方向に周期的なエネルギー分布を有する矩形形状ビームを形成する段階と、前記矩形形状ビームを半導体膜に照射する段階と、を有し、前記矩形形状ビームの入射角  $\theta$  は、前記第 2 のレーザ光の波長  $\lambda$ 、前記矩形形状ビームの照射により形成される結晶粒の列の幅  $w$ 、前記周期的なエネルギー分布のピッチ  $p$  であるとき、 $\sin \theta = \lambda / p$  (但し、 $p = 2w$ ) を満たすことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 15】 第 1 のレーザ光を複数の第 2 のレーザ光に分割する段階と、複数の前記第 2 のレーザ光を合成して、照射面またはその近傍において長軸方向に周期的なエネルギー分布を有する矩形形状ビームを形成する段階と、前記矩形形状ビームを半導体膜に照射する段階と、を有し、前記矩形形状ビームは前記半導体膜に対して、前記長軸方向に相対的に移動しながら照射し、前記矩形形状ビームの入射角  $\theta$  は、前記第 2 のレーザ光の波長  $\lambda$ 、前記矩形形状ビームの照射により形成される結晶粒の列の幅  $w$ 、前記周期的なエネルギー分布のピッチ  $p$  であるとき、 $\sin \theta = \lambda / p$  (但し、 $p = 2w$ ) を満たすことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 16】 請求項 1 乃至 3 のいずれか一項において、前記レーザ光における周期的なエネルギー分布は、レーザ発振器から発振されたレーザ光が光学系により干渉して形成されたものであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 17】 請求項 4 または請求項 5 において、前記第 3 のレーザ光における周期的なエネルギー分布は、複数の前記第 2 のレーザ光が光学系により干渉して形成されたものであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 18】 請求項 6 乃至 8 および請求項 11 乃至 13 のいずれか一項において、前記矩形形状ビームにおける周期的なエネルギー分布は、レーザ発振器から発振されたレーザ光が光学系により干渉して形成されたものであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 19】 請求項 9 または請求項 10 または請求項 14 または請求項 15 において、前記矩形形状ビームにおける周期的なエネルギー分布は、複数の前記第 2 のレーザ光が光学系により干渉して形成されたものであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 20】 請求項 16 乃至 19 のいずれか一項において、前記光学系は、シリンドリカルアレイレンズ、またはシリンドリカルレンズ、またはシリンドリカルアレイレンズおよびシリンドリカルレンズの両方を含むことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 21】 請求項 16 乃至 19 のいずれか一項において、前記光学系は、ハーフミラーを含むことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 22】 請求項 16 乃至 19 のいずれか一項において、前記光学系は、ミラーを含むことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 23】 請求項 16 乃至 19 のいずれか一項において、前記光学系は、スリットを含むことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 24】 請求項 1 乃至 3 のいずれか一項において、前記レーザ光は、Nd:YAG レーザ、Nd:YLF レーザ、Nd:YVO<sub>4</sub> レーザ、もしくは Nd:YAlO<sub>3</sub> レーザから選ばれた一種から発振されたレーザ光であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 25】 請求項 4 乃至 15 のいずれか一項において、前記第 1 のレーザ光は、Nd:YAG レーザ、Nd:YLF レーザ、Nd:YVO<sub>4</sub> レーザ、もしくは Nd:YAlO<sub>3</sub> レーザから選ばれた一種から発振されたレーザ光であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 26】 請求項 1 乃至 3 のいずれか一項において、前記レーザ光の波長は 370 ~ 650 nm の範囲であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 27】 請求項 4 または請求項 5 において、前記レーザ光の波長は 370 ~ 650 nm の範囲であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 28】 請求項 6 乃至 15 のいずれか一項において、前記矩形形状ビームの波長は 370 ~ 650 nm の範囲であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 29】 請求項 1 乃至 15 のいずれか一項において、前記半導体膜は珪素を含む膜であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 30】 請求項 1 乃至 29 のいずれか一項において、前記半導体装置は、液晶表示装置または発光装置であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 31】 請求項 1 乃至 29 のいずれか一項において、前記半導体装置は、携帯電話、ビデオカメラ、デジタルカメラ、プロジェクター、ゴーグル型ディスプレイ、パーソナルコンピュータ、DVD プレイヤー、電子書籍、または携帯型情報端末であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はレーザ光を用いた半導体膜のアニール（以下、レーザアニールという）の方法を工程に含んで作製された半導体装置及びその作製方法に関する。なお、ここでいう半導体装置には、液晶表示装置や発光装置等の電気光学装置及び該電気光学装置を部品として含む電子装置も含まれるものとする。

【0002】

【従来の技術】 近年、ガラス等の絶縁基板上に形成された半導体膜に対し、レーザアニールを施して、結晶化させたり、結晶性を向上させる技術が広く研究されてい

る。上記半導体膜には珪素がよく用いられる。本明細書中では、半導体膜をレーザ光で結晶化し、結晶質半導体膜を得る手段をレーザ結晶化という。なお、本明細書中において、結晶質半導体膜とは、結晶化領域が存在する半導体膜のことを言い、全面が結晶化している半導体膜も含む。

【0003】ガラス基板は、従来よく使用されてきた合成石英ガラス基板と比較し、安価で、例えば600×720mmなどの大面積基板を容易に作製できる利点を持っている。これが上記研究の行われる理由である。また、結晶化に好んでレーザが使用されるのは、ガラス基板の融点が高いからである。レーザは基板の温度を余り上昇させずに、半導体膜のみ高いエネルギーを与えることが出来る。また、電熱炉を用いた加熱手段に比べて格段にスループットが高い。

【0004】レーザアニールを施して形成された結晶質半導体膜は、高い移動度を有するため、この結晶質半導体膜を用いて薄膜トランジスタ(TFT)を形成し、例えば、1枚のガラス基板上に、画素駆動用と駆動回路用のTFTを作製する、モノリシック型の液晶電気光学装置等に盛んに利用されている。

【0005】また、出力の大きい、エキシマレーザ等のパルスレーザ光を、照射面またはその近傍における形状が矩形状や線状となるように光学系にて成形し、レーザ光を走査させて(あるいはレーザ光の照射位置を照射面に対し相対的に移動させて)、レーザアニールを行なう方法が量産性が高く工業的に優れているため、好んで使用されている。なお、本明細書中では、照射面またはその近傍における形状が矩形状であるレーザ光を矩形状ビーム、線状であるレーザ光を線状ビームと呼ぶが、線状ビームは矩形状ビームに含まれるものとする。

【0006】特に、線状ビームを用いると、前後左右の走査が必要なスポット状のレーザ光を用いた場合とは異なり、線状ビームの長軸方向に直角な方向だけの走査で照射面全体にレーザ照射を行なうことが出来るため、量産性が高い。長軸方向に直角な方向に走査するのは、それが最も効率の良い走査方向であるからである。この高い量産性により、現在レーザアニール法にはパルス発振エキシマレーザ光を適当な光学系で成形した線状ビームを使用することが、TFTを用いる液晶表示装置などの製造技術の主流になりつつある。

【0007】しかし、レーザアニール法で作製される結晶質半導体膜は複数の結晶粒が集合して形成されているが、その結晶粒の位置はランダムなものであり、結晶粒の位置を指定して形成することはできなかった。しかし、レーザアニール法で作製される結晶質半導体膜は、複数の結晶粒が集合して形成されており、その結晶粒の位置と大きさはランダムなものであった。ガラス基板上に作製されるTFTは素子分離のために、前記結晶質半導体を島状のパターニングに分離して形成している。その場

合において、結晶粒の位置や大きさを指定して形成することはできなかった。結晶粒内と比較して、結晶粒の界面(結晶粒界)は非晶質構造や結晶欠陥などに起因する再結合中心や捕獲中心が無数に存在している。この捕獲中心にキャリアがトラップされると、結晶粒界のポテンシャルが上昇し、キャリアに対して障壁となるため、キャリアの電流輸送特性を低下することが知られている。チャンネル形成領域の半導体膜の結晶性は、TFTの特性に重大な影響を及ぼすが、結晶粒界の影響を排除して単結晶の半導体膜で前記チャンネル形成領域を形成することはほとんど不可能であった。

【0008】このような問題を解決するために、レーザアニール法において、位置制御された結晶粒を形成する様々な試みがなされている。ここでは、半導体膜にレーザ光を照射した後の前記半導体膜の固化過程について説明する。

【0009】レーザ光の照射によって完全溶融した液体半導体膜中に固相核生成が発生するまでにはある程度の時間が掛かり、完全溶融領域において無数の均一(あるいは不均一)核生成が発生することで、前記液体半導体膜の固化過程は終了する。この場合に得られる結晶粒の位置はランダムなものとなる。

【0010】また、レーザ光の照射によって半導体膜が完全溶融した場合でも前記半導体膜において温度分布が生じ、温度の低い領域から固化して固相半導体領域を形成したり、前記半導体膜が完全溶融することなく、固相半導体領域が部分的に残存する場合には、レーザ光の照射後、直ちに前記固相半導体領域から結晶成長が始まる。既に述べたように、完全溶融領域において核生成が発生するにはある程度時間が掛かる。そのため、完全溶融領域において核生成が発生するまでの間に、前記半導体膜の膜面に対し平行な方向(以下、ラテラル方向と呼ぶ)に結晶成長の先端である固液界面が移動することで、結晶粒は膜厚の数十倍もの長さに成長する。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】例えば、代表的なレーザの1つであるYAGレーザを用いて半導体膜の結晶化を行なうことができる。このとき、YAGレーザは非線形光学素子を用いて第2高調波に変調し、さらに光学系を用いて線状ビームに成形する。前記線状ビームのエネルギー分布は短軸方向にガウシアン分布であり、長軸方向に一樣となるようにする。このような線状ビーム501を1パルス半導体膜に照射すると、幅数 $\mu\text{m}$ の結晶粒506が線状ビームの長軸方向に列508となって形成され、結晶粒の列508以外は微結晶粒が形成される領域(微結晶領域)505となる。(図5)これは、線状ビームの短軸方向にエネルギー分布がガウシアン分布であるため、結晶化に適したエネルギー密度よりも高過ぎる領域および低過ぎる領域は微結晶領域505となり、結晶化に適したエネルギー密度507である領域から、

熔融時間の長い温度の高い領域に向かってラテラル成長が行なわれるためと考えられる。

【0012】線状ビームを用いて半導体膜全面を結晶化させるためには、前記線状ビームを結晶粒の幅である数  $\mu\text{m}$  ずつずらしながら繰り返し照射する必要がある。その様子を図6に示す。1パルス目のレーザ光601の照射

によって得られる半導体膜の断面の模式図を図6 (A) に示す。ここで、606はラテラル成長した結晶粒、605は微結晶粒を示す。そして、結晶粒606の幅  $w$  だけ604の方向にずらして、2パルス目のレーザ光602の照射によって得られる半導体膜の断面の模式図を図6 (B) に示す。そして、結晶粒606の幅  $w$  の移動とレーザ光の照射を繰り返し、数パルス目603の照射によって得られる半導体膜の断面の模式図は図6

(C) のようになる。例えば、周波数  $1\text{kHz}$  の YAG レーザを用い、1パルスのレーザ光の照射により幅  $1\mu\text{m}$  の結晶粒の列が形成されるとき、1秒間に  $1\text{mm}$  幅の半導体膜の結晶化しか行なわれない。一方、用いる基板の大型化は進んでおり、例えば  $600 \times 720\text{mm}$  の基板上に形成された半導体膜を結晶化させるのに、このような照射方法では10分も要することになる。このように、高周波のレーザ発振器を用いても、レーザ光の半導体膜に対する相対的な1パルス毎の移動距離は結晶粒の幅  $w$  分ではないため、高周波の特性を全く活かさない。

【0013】また、YAGレーザは非常に高い干渉性を持つコヒーレントな光である。エキシマレーザのコヒーレント長が数  $\mu\text{m}$  ～数十  $\mu\text{m}$  であるのに対し、YAGレーザのコヒーレント長は  $10\text{mm}$  前後である。そのため、照射面またはその近傍においてエネルギー分布が一様なレーザ光を形成するのが難しかった。

【0014】そこで本発明は、高い干渉性を持つレーザを用いたレーザ照射方法において、位置制御された結晶粒を有する半導体膜を高いスループットで形成し、このようにして得られた半導体膜を用いて半導体装置を作製する方法を提供することを課題とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】レーザ光は同一光源から出た光であっても、コヒーレント長以上の光路差があれば、互いに干渉しないと言う特徴がある。エキシマレーザと比較して、YAGレーザは非常に高い干渉性を持つ。エキシマレーザのコヒーレント長が数  $\mu\text{m}$  ～数十  $\mu\text{m}$  であるのに対し、YAGレーザのコヒーレント長は  $10\text{mm}$  前後である。

【0016】そこで本発明は、YAGレーザの高い干渉性を利用して故意に干渉縞を形成して周期的なエネルギー分布を有するレーザ光を作り、該レーザ光を半導体膜に照射することで、前記半導体膜中に温度分布を作ってラテラル成長させることを特徴とする。

【0017】本発明を図1を用いて説明する。レーザ光

101は、干渉の効果により、エネルギー分布が周期的な分布になっている。このような分布は、例えば同一光源から射出したレーザ光をスリットやハーフミラー等で複数に分けて、照射面またはその近傍にて合成することで得られる。レーザ光のコヒーレント性を保つため、複数のレーザ光の光路差は、レーザ光のコヒーレント長より短くする。

【0018】干渉の効果により、多数の干渉縞がレーザ光の中に形成される。この干渉縞はレーザ光のエネルギー密度が波状の分布となっていることが原因で形成されるものである。このようなレーザ光101が照射面に配置された半導体膜104に照射されると、結晶化に適したエネルギー密度で照射された領域でラテラル成長が起こり、ラテラル成長による結晶粒の列106が多数形成される。

【0019】ここで、レーザ光101において、エネルギー密度の最も高い部分の両側にある結晶粒の列の間隔を  $p_1$ 、線状ビームのエネルギー密度の最も低い部分の両側にある結晶粒の列の間隔を  $p_2$  とする。互いに隣接する結晶粒の列106の間隔  $p_1$  および  $p_2$  は、複数に分けられたレーザ光の照射面に対する入射角度に依存する。互いに隣接する結晶粒の列の間を補完するためには、例えば、レーザ光の結晶粒の列106の幅  $w$  の分だけ平行移動させて再びレーザ光を半導体膜に照射すればよい。しかしながら、このような照射方法では、スループットは全く改善されない。

【0020】そこで、スループットを劇的に改善するためには、例えば、平行移動する距離を結晶粒の列の幅  $w$  ではなく、 $p \pm w$  にする。但し、 $p$  はエネルギー分布のピッチであり、 $p = p_1 + p_2$  であるとする。 $p \pm w$  の平行移動とレーザ照射を繰り返すことで、半導体膜のほぼ全ての領域をラテラル成長の結晶粒で埋め尽くすことができる。但し、レーザ光における周期的なエネルギー分布のピッチの数  $n$  として、

$$w(n-1) \geq p \pm w \cdots (1)$$

のときに可能である。もちろん、平行移動する距離を  $m p \pm w$  (但し、 $m$  は自然数) とすれば、スループットをさらに向上させることが可能となる。

【0021】例えば、図2に示すように、周期的なエネルギー分布を有するレーザ光202が半導体膜に照射されたとき、ラテラル成長によって形成された結晶粒206と微結晶粒205を有する半導体膜が得られたとする。(図2 (A)) そして、2パルス目のレーザ光202は半導体膜に対して相対的に  $p + w$  分だけ移動させて照射すると、図2 (B) で示すような半導体膜が得られ、さらに半導体膜に対して相対的に  $p + w$  分だけ移動させて3パルス目のレーザ光203を照射すると、図2 (C) で示すような半導体膜が得られる。このように、レーザ光を照射する毎に半導体膜に対して  $p \pm w$  分移動させると、スループットを向上させることができる。

【0022】また、 $p_1 = p_2$  のような特殊な場合は、等間隔にある結晶粒の列 106 の数が 2 倍となり、

(1) 式の  $n$  を  $2n$  に置換して条件式を考えることができるので、さらにスループットを向上させることが可能となる。

【0023】本発明の照射方法では、結晶化が行なわれてラテラル成長により結晶粒が形成された領域にも何度もレーザ光が照射される。非晶質珪素膜および結晶質珪素膜の波長に対する吸収係数のグラフを図 4 に示す。図 4 から  $370 \sim 650 \text{ nm}$  では、結晶質珪素膜より非晶質珪素膜の吸収係数が高い。そこで、 $370 \sim 650 \text{ nm}$  の波長範囲にあるレーザ光を用いれば、結晶質珪素膜より非晶質珪素膜によく吸収されるため、適度なエネルギーを選べば、結晶化領域を冒すことなくレーザ結晶化を行なうことができる。

【0024】また、複数に分けたレーザ光により形成される干涉縞のピッチを結晶粒の幅に合わせることも可能である。図 7 (A) に示すように、レーザ光 1 とレーザ光 2 が入射すると、照射面において図 7 (B) に示すような干涉縞を形成する。このとき、前記干涉縞のピッチ  $p$  はレーザ光の入射角  $\theta$  に依存する。この入射角  $\theta$  を最適化すれば、図 7 (C) に示すように、レーザ光が照射された領域が全て幅  $w$  の結晶粒で埋め尽くされる。このとき、干涉縞のピッチ  $p$  は前記結晶粒の幅  $w$  の 2 倍となる。そこで、レーザ光の入射角  $\theta$  は、図 7 より、

$$\sin \theta = \lambda / p \quad (\text{但し、} p = 2w) \quad (2)$$

で表される。このように、(2) 式を満たすような入射角  $\theta$  でレーザ光を 1 パルス照射すれば、レーザ光で照射される領域は結晶粒で埋め尽くされる。そのため、レーザ光を照射する毎に、レーザ光の周期的なエネルギー分布が形成されている方向に、半導体膜に対してレーザ光を相対的に該レーザ光の幅あるいは長さ分移動させることが可能となり、スループットがさらに向上する。

【0025】しかしながら、複数に分けたレーザ光のエネルギー密度が完全に等しいと干涉縞の節のエネルギー密度が零となり、半導体膜において結晶化に適する温度勾配が得られない場合がある。この場合、複数のレーザ光の偏光成分に互いに独立な成分を作り、干涉の程度を抑えたとよい。また、偏光のかかったレーザ光を光源とする場合は、複数に分けたレーザ光の少なくとも 1 つのレーザ光の光路に  $\lambda/2$  板やファラデーローテーターなどの素子を用い、干涉の強弱差を小さくすることが望ましい。このような素子を用いて、少なくとも 1 つのレーザ光の偏光成分を 0 度より大きく 90 度未満の角度で回転させれば、照射面またはその近傍において複数のレーザ光が合成されても直交する偏光成分は干涉しないため、エネルギー密度が零となる節が生じないエネルギー分布を得ることが出来る。

【0026】本発明は、干涉性の高いレーザを用い、故意に干涉縞を形成してレーザ光に周期的なエネルギー分

布を作り、該レーザ光を半導体膜に照射することで、効率良く位置制御された結晶粒を形成することを特徴とする。

【0027】このとき、レーザ光は光学系により矩形状ビーム、特に線状ビームに成形して照射することが望ましい。なお、ここでいう「線状」は、厳密な意味で「線」を意味しているのではなく、アスペクト比の大きい長方形（もしくは長楕円形）を意味する。例えば、アスペクト比が 10 以上（好ましくは 100 ~ 1000）のものを指す。

【0028】前記レーザは一般的に知られているものを用いることができ、YAG レーザ（通常は Nd : YAG レーザを指す）、Nd : YLF レーザ、Nd : YVO<sub>4</sub> レーザ、Nd : YAlO<sub>3</sub> レーザ、ルビーレーザ、Ti : サファイアレーザ、ガラスレーザなどを用いることができる。特に、パルスエネルギーで優位な YAG レーザが好ましい。

【0029】但し、YAG レーザの基本波（第 1 高調波）は  $1064 \text{ nm}$  と波長が長いので、第 2 高調波（波長  $532 \text{ nm}$ ）を用いる。この高調波の形成は公知の技術に従えば良い。

【0030】また、YAG レーザで良く用いられる Q スイッチ法（Q 変調スイッチ方式）を用いても良い。これはレーザ共振器の Q 値を十分低くしておいた状態から、急激に Q 値を高めてやることにより非常にエネルギー値が高く急峻なパルスレーザを出力する方法である。また、Q スイッチ法を用いることで、高周波のパルス発振をすることが可能となる。これは公知の技術である。

【0031】本発明は、従来に比較して、ランニングコストの低いレーザ照射装置およびそれを用いたレーザ照射方法において、位置制御された結晶粒を有する半導体膜を高いスループットで形成することを実現するものである。

【0032】そして、結晶粒径の大きい結晶質半導体膜を得ることにより、半導体装置の性能を大幅に向上させることが可能になる。例えば、TFET を例に挙げると、結晶粒径が大きくなることでチャネル形成領域に含まれる結晶粒界の本数を少なくすることができる。即ち、チャネル形成領域に結晶粒界が 1 本、好ましくは 0 本であるような TFET を作製することも可能となる。また、個々の結晶粒は実質的に単結晶と見なせる結晶性を有することから、単結晶半導体を用いたトランジスタと同等もしくはそれ以上の高いモビリティ（電界効果移動度）を得ることも可能である。

【0033】さらに、キャリアが結晶粒界を横切る回数を極端に減らすことができるため、オン電流値（TFET がオン状態にある時に流れるドレイン電流値）、オフ電流値（TFET がオフ状態にある時に流れるドレイン電流値）、しきい値電圧、S 値及び電界効果移動度のバラツキを低減することも可能となる。



## 【0034】

【発明の実施の形態】〔実施形態1〕図3は本発明のレーザ照射装置の構成の例を示す図である。このレーザ照射装置はレーザ発振器301、非線形光学素子302、レーザ光を線状に成形する光学系303、照射面304を有している。レーザ発振器301は直線偏光のレーザ光を発振し、非線形光学素子302により第2高調波に変調される。照射面304において線状のレーザ光を形成するための光学系には、例えば、レーザ光を長く拡大するための長焦点距離のシリンドリカルレンズを組み合わせたビームエキスパンダー3031と、レーザ光を細く集光するための長焦点距離のシリンドリカルレンズ3032とを用いる。ここで、長焦点距離のシリンドリカルレンズを用いる理由は、できるだけ収差を抑え、照射面304においてエネルギー分布の均一なビームを得るためである。シリンドリカルレンズ3032の手前には、シリンドリカルアレイレンズ3033を配置し、レーザ光を複数のレーザ光に分割する。これらの分割されたレーザ光は、シリンドリカルレンズ3032により、照射面304またはその近傍で合成され、エネルギー分布の制御された干渉縞を有するレーザ光に成形される。また、シリンドリカルアレイレンズ3033の上方には反射ミラー3034を設け、レーザ光の進行方向を変更できるようにする。照射面304には、光学系303にて形成された線状ビームの長軸方向に垂直な方向に動作するステージを設ける。

【0035】このようなレーザ照射装置を用いて半導体膜にレーザ光を照射すると、1度の照射で $n$ 個のラテラル成長による結晶粒の列が形成される。レーザ光の周期的なエネルギー分布のピッチを $p$ とし、結晶粒の列の幅を $w$ とすると、レーザ光の移動距離を $p \pm w$ とすれば、高いスループットを実現することができる。もちろん、 $mp \pm w$ （但し、 $m$ は自然数）とすれば、スループットをさらに向上させることが可能となる。

【0036】このようにして形成された結晶質半導体膜を用いてTFTを作製すれば、前記TFTの電気的特性は良好なものとなる。

【0037】〔実施形態2〕図8は本発明のレーザ照射装置の構成の例を示す図である。このレーザ照射装置はレーザ発振器801、非線形光学素子802、照射面807またはその近傍において、周期的なエネルギー分布を有するレーザ光に成形するための光学系803～806、照射面807を有している。レーザ発振器801は直線偏光のレーザ光を発振し、非線形光学素子802により第2高調波に変調される。照射面807またはその近傍において周期的なエネルギー分布を有するレーザ光に成形するための光学系には、例えば、レーザ光を長く拡大するための長焦点距離のシリンドリカルレンズを組み合わせたビームエキスパンダー803、804と、レーザ光を2方向に分けるミラー805と、2方向に分け

られたレーザ光を照射面またはその近傍において合成するミラー806a、806bと、偏光方向を回転させる $\lambda/2$ 板810を配置する。ミラー805、806により、照射面204またはその近傍でレーザ光は合成さ

れ、エネルギー分布の制御された干渉縞を有するレーザ光に成形される。また、 $\lambda/2$ 板810を適度に回転させると、照射面またはその近傍において形成される干渉縞はエネルギー密度が零である節を持たない。なお、照射面807には、光学系803～806にて形成されたレーザ光の周期的なエネルギー分布が形成された方向に平行な方向809に動作するステージ808を設ける。

【0038】ミラー806a、806bは、ミラー805によって2方向に分けられたレーザ光が、それぞれ照射面において（2）式を満たす入射角 $\theta$ で照射面に入射することができる配置となっている。また、ミラー805はレーザ光を2方向に同じ強度で分けるため、偏光方向を回転させる $\lambda/2$ 板810を配置し、照射面における干渉縞のエネルギー分布が零になることを防いでいる。

【0039】もちろん、ミラー805によって2方向に分けられたレーザ光のエネルギー密度が完全に一致しないときは、 $\lambda/2$ 板810を配置しなくても、照射面またはその近傍において形成される干渉縞はエネルギー密度が零である節を持たない。

【0040】このようなレーザアニールによって得られた結晶質半導体膜は、ラテラル成長によって形成された結晶粒で埋め尽くされることが可能となる。そして、レーザ光のビーム幅毎の移動が可能となるため、スループットが向上し、工程時間の短縮を実現できる。そして、このようにして形成された結晶質半導体膜を用いてTFTを作製すれば、前記TFTの電気的特性は良好なものとなる。

【0041】以上の構成でなる本発明について、以下に示す実施例でもってさらに詳細な説明を行なうこととする。

## 【0042】

【実施例】〔実施例1〕本発明の実施例について説明する。

【0043】図3は本発明のレーザ照射装置の構成の例を示す図である。このレーザ照射装置はレーザ発振器301、非線形光学素子302、レーザ光を線状に成形する光学系303、照射面304を有している。レーザ発振器301は直線偏光のレーザ光を発振し、非線形光学素子302により第2高調波に変調される。照射面304において線状のレーザ光を形成するための光学系には、例えば、レーザ光を長く拡大するための長焦点距離のシリンドリカルレンズを組み合わせたビームエキスパンダー3031と、レーザ光を細く集光するための長焦点距離のシリンドリカルレンズ3032とを用いる。シリンドリカルレンズ3032の手前には、シリンドリカ

ルアレイレンズ3033を配置し、レーザ光を複数のレーザ光に分割する。これらの分割されたレーザ光は、シリンドリカルレンズ3032により、照射面204またはその近傍で合成され、エネルギー分布の制御された干渉縞を有するレーザ光に成形される。また、シリンドリカルアレイレンズ3033の上方には反射ミラー3034を設け、レーザ光の進行方向を変更できるようにする。照射面304には、光学系303にて成形された線状ビームの長軸方向に垂直な方向に動作するステージを設ける。

【0044】本実施例では、レーザ発振器301に周波数30Hzのフラッシュランプ励起のYAGレーザを用いる。YAGレーザから発振されるレーザ光は非線形光学素子302により第2高調波に変調され、エネルギー密度は、800mJ/パルスとなる。シリンドリカルレンズ3032の焦点距離は200mmとする。また、シリンドリカルアレイレンズ3033に焦点距離200mmのシリンドリカルレンズを8本並べたものを使用する。前記シリンドリカルレンズの幅は2mm、長さは60mmとする。照射面304は、シリンドリカルレンズ3032の焦点位置、すなわちシリンドリカルレンズ3032から200mm後方に配置する。このような光学系を設けることで、照射面304には、干渉縞の数50本程度、 $p=0.05\text{mm}$ である線状ビームが形成できる。このとき、ラテラル成長によって形成される結晶粒の幅 $w$ は1 $\mu\text{m}$ 程度である。これらの値を(1)式に代入すると、

$$\begin{aligned} \text{左辺} &= w \times (n-1) \\ &= 1\mu\text{m} \times (50-1) \\ &\approx 0.05\text{mm} \\ \text{右辺} &= p \pm w \\ &= 0.05\text{mm} \pm 1\mu\text{m} \\ &\approx 0.05\text{mm} \end{aligned}$$

となり左辺 $\geq$ 右辺を満たす。そのため、半導体膜のほぼ全面をラテラル成長によって形成される結晶粒で埋め尽くすことが可能となる。

【0045】そこで、レーザ光の移動距離を $p \pm w$ とすれば、高いスループットを実現することができる。もちろん、1度の照射で形成される結晶粒の列の数 $n$ が十分大きくて、レーザ光の移動距離を $mp \pm w$ (但し、 $m$ は自然数)とすることができれば、スループットをさらに向上させることが可能となる。

【0046】本実施例では、レーザ光を照射面に対して相対的に $p+w=0.05\text{mm}+1\mu\text{m} \approx 0.05\text{mm}$ 分だけ移動させてから、次のパルスが照射されるようにした。本実施例におけるレーザ発振器の周波数は30Hzであることから、ステージの移動速度は、 $0.05 \div (1/30) = 1.5 [\text{mm/s}]$

となる。しかしながら、レーザ光のパルス間における照射面の移動距離が、完全に $p$ に一致してしまうと、ラテ

ラル成長によって形成される結晶粒の列の間を埋め尽くすことが出来ないで、1.5mm/sを微調整する必要がある。

【0047】このような照射方法によってレーザアニールを行なえば、スループットが向上し、工程時間の短縮を実現できる。また、このようなレーザアニールによって得られた結晶質半導体膜は、ラテラル成長によって形成された結晶粒で埋め尽くされることが可能となる。そして、このようにして形成された結晶質半導体膜を用いてTFETを作製すれば、前記TFETの電気的特性は良好なものとなる。

【0048】〔実施例2〕本実施例では、図9に示す光学系を用いてレーザアニールを行なって形成された結晶質半導体膜について説明する。

【0049】図9は本発明のレーザ照射装置の構成の例を示す図である。ただし、図3と対応する部分には同じ符号を用いた。このレーザ照射装置はレーザ発振器301、非線形光学素子302、レーザ光を線状に成形する光学系953、照射面304を有している。レーザ発振器301は直線偏光のレーザ光を発振し、非線形光学素子302により第2高調波に変調される。照射面304において線状のレーザ光を形成するための光学系には、例えば、レーザ光を長く拡大するための長焦点距離のシリンドリカルレンズを組み合わせたビームエキスパンダー3031と、レーザ光を細く集光するための長焦点距離のシリンドリカルレンズ3032とを用いる。そして、シリンドリカルレンズ3032により、照射面304またはその近傍で合成され、エネルギー分布の制御された干渉縞を有するレーザ光に成形される。また、シリンドリカルレンズ3032の上方には反射ミラー3034を設け、レーザ光の進行方向を変更できるようにする。

【0050】本実施例では、レーザ発振器301に周波数30Hzのフラッシュランプ励起のYAGレーザを用いる。YAGレーザから発振されるレーザ光は非線形光学素子302により第2高調波に変調される。シリンドリカルレンズ3032の焦点距離は400mmとする。照射面304は、シリンドリカルレンズ3032の焦点位置、すなわちシリンドリカルレンズ3032から400mm後方に配置する。また、本実施例では、半導体膜において干渉縞を形成するため、照射面状に設置した基板上にシリコンウエハ951を設置した。前記基板と前記シリコンウエハとの間にはわずかな隙間があるため回折が生じ、レーザ光の長軸方向に周期的な強度分布を形成した。(図10(B))このようなレーザ光を半導体膜に1パルス照射すると、図10(C)に示すような結晶粒1001と微結晶粒1002を有する結晶質半導体膜が形成されることになる。

【0051】本実施例では、半導体膜として、1737ガラス基板上に、いずれもプラズマCVD法により、膜

厚 50 nm の酸化窒化珪素膜（組成比  $Si = 32\%$ 、 $O = 59\%$ 、 $N = 7\%$ 、 $H = 2\%$ ）および膜厚 100 nm の酸化窒化珪素膜（組成比が  $Si = 32\%$ 、 $O = 27\%$ 、 $N = 24\%$ 、 $H = 17\%$ ）を形成した後、膜厚 55 nm の非晶質珪素膜を形成した。そして、膜の耐レーザ性を向上させるため、温度 500℃ で窒素雰囲気中に 1 時間曝して、含有する水素量を低減した。

【0052】このような半導体膜に対し、図 9 で示す光学系を用いてレーザ光を 1 パルス照射して得られた結晶質半導体膜を図 11 に、その模式図を図 12 に示す。温度の低い領域から高い領域へ結晶粒がラテラル成長していることがわかる。また、図 11 および図 12 において、結晶粒の幅  $w$  および干渉縞のピッチ  $p$  は、 $p = 2w$  の関係を満たしている。

【0053】このようにして形成された結晶質半導体膜を用いて TFT を作製すれば、前記 TFT の電気的特性は良好なものとなる。

【0054】〔実施例 3〕本発明の実施例 1 および実施例 2 とは異なる実施例について説明する。

【0055】図 13 は本発明のレーザ照射装置の構成の例を示す図である。このレーザ照射装置はレーザ発振器 801、非線形光学素子 802、照射面 807 またはその近傍において、周期的なエネルギー分布を有するレーザ光に成形するための光学系 803～806、照射面 807 を有している。レーザ発振器 801 は直線偏光のレーザ光を発振し、非線形光学素子 802 により第 2 高調波に変調される。照射面 807 またはその近傍において周期的なエネルギー分布を有するレーザ光に成形するための光学系には、例えば、レーザ光を長く拡大するための長焦点距離のシリンドリカルレンズを組み合わせたビームエキスパンダー 803、804 と、レーザ光を 2 方向に分けるミラー 805 と、2 方向に分けられたレーザ光を照射面またはその近傍において合成するミラー 806a、806b を配置する。ミラー 805、806 により、照射面 807 またはその近傍でレーザ光は合成され、エネルギー分布の制御された干渉縞を有するレーザ光に成形される。また、照射面 807 には、光学系 803～806 にて成形されたレーザ光の周期的なエネルギー分布が形成された方向に平行な方向 809 に動作するステージ 808 を設ける。

【0056】このような照射方法によってレーザアニールを行えば、スループットが向上し、工程時間の短縮を実現できる。また、このようなレーザアニールによって得られた結晶質半導体膜は、ラテラル成長によって形成された結晶粒が埋め尽くされることが可能となる。そして、このようにして形成された結晶質半導体膜を用いて TFT を作製すれば、前記 TFT の電気的特性は良好なものとなる。

【0057】〔実施例 4〕図 8 は本発明のレーザ照射装置の構成の例を示す図である。ただし、図 13 と対応す

る部分には同じ符号を用いている。このレーザ照射装置はレーザ発振器 801、非線形光学素子 802、照射面 807 またはその近傍において、周期的なエネルギー分布を有するレーザ光に成形するための光学系 803～806、照射面 807 を有している。レーザ発振器 801 は直線偏光のレーザ光を発振し、非線形光学素子 802 により第 2 高調波に変調される。照射面 807 またはその近傍において周期的なエネルギー分布を有するレーザ光に成形するための光学系には、例えば、レーザ光を長く拡大するための長焦点距離のシリンドリカルレンズを組み合わせたビームエキスパンダー 803、804 と、レーザ光を 2 方向に分けるミラー 805 と、2 方向に分けられたレーザ光を照射面またはその近傍において合成するミラー 806a、806b と、偏光方向を回転させる  $\lambda/2$  板 810 を配置する。ミラー 805、806 により、照射面 204 またはその近傍でレーザ光は合成され、エネルギー分布の制御された干渉縞を有するレーザ光に成形される。また、 $\lambda/2$  板 810 により照射面またはその近傍において形成される干渉縞はエネルギー密度が零である節を持たない。なお、照射面 807 には、光学系 803～806 にて成形されたレーザ光の周期的なエネルギー分布が形成された方向に平行な方向 809 に動作するステージ 808 を設ける。

【0058】ミラー 806a、806b は、ミラー 805 によって 2 方向に分けられたレーザ光が、それぞれ照射面において（2）式を満たす入射角  $\theta$  で照射面に入射することができる配置となっている。また、ミラー 805 はレーザ光を 2 方向に同じ強度で分けるため、偏光方向を回転させる  $\lambda/2$  板 810 を配置し、照射面における干渉縞のエネルギー分布が零になることを防いでいる。

【0059】本実施例では、レーザ発振器 801 として YAG レーザを用い、非線形光学素子 802 により第 2 高調波 532 nm に変調したレーザ光を用いる。ここで、レーザ光の入射角  $\theta$  はについて計算する。形成される結晶粒の幅を 0.1～5  $\mu m$  であると見積もると、（2）式より、

$$\sin \theta = 532 \text{ nm} / (1 \sim 10 \mu m)$$

$$\therefore \theta \approx 3 \sim 32 \text{ 度}$$

となる。

【0060】このような入射角を有するレーザ光が照射されることにより得られる結晶質半導体膜は、ラテラル成長によって形成された結晶粒が埋め尽くされることが可能となる。そして、レーザ光のビーム幅毎の移動が可能となるため、スループットが向上し、工程時間の短縮を実現できる。そして、このようにして形成された結晶質半導体膜を用いて TFT を作製すれば、前記 TFT の電気的特性は良好なものとなる。

【0061】〔実施例 5〕本実施例ではアクティブマトリクス基板の作製方法について図 14～17 を用いて説

明する。

【0062】まず、本実施例ではコーニング社の#7059ガラスや#1737ガラスなどに代表されるバリウムホウケイ酸ガラス、またはアルミノホウケイ酸ガラスなどのガラスからなる基板300を用いる。なお、基板300としては、石英基板やシリコン基板、金属基板またはステンレス基板の表面に絶縁膜を形成したものを用いても良い。また、本実施例の処理温度に耐えうる耐熱性が有するプラスチック基板を用いてもよい。

【0063】次いで、基板300上に酸化珪素膜、窒化珪素膜または酸化窒化珪素膜などの絶縁膜から成る下地膜301を形成する。本実施例では下地膜301として2層構造を用いるが、前記絶縁膜の単層膜または2層以上積層させた構造を用いても良い。下地膜301の一層目としては、プラズマCVD法を用い、 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ 、及び $\text{N}_2\text{O}$ を反応ガスとして成膜される酸化窒化珪素膜301aを10~200nm（好ましくは50~100nm）形成する。本実施例では、膜厚50nmの酸化窒化珪素膜301a（組成比 $\text{Si}=32\%$ 、 $\text{O}=27\%$ 、 $\text{N}=24\%$ 、 $\text{H}=17\%$ ）を形成した。次いで、下地膜301の二層目としては、プラズマCVD法を用い、 $\text{SiH}_4$ 、及び $\text{N}_2\text{O}$ を反応ガスとして成膜される酸化窒化珪素膜301bを50~200nm（好ましくは100~150nm）の厚さに積層形成する。本実施例では、膜厚100nmの酸化窒化珪素膜301b（組成比 $\text{Si}=32\%$ 、 $\text{O}=59\%$ 、 $\text{N}=7\%$ 、 $\text{H}=2\%$ ）を形成した。

【0064】次いで、下地膜上に半導体膜302を形成する。半導体膜302は、非晶質構造を有する半導体膜を公知の手段（スパッタ法、LPCVD法、またはプラズマCVD法等）により、25~80nm（好ましくは30~60nm）の厚さで形成する。半導体膜の材料に限定はないが、好ましくは珪素または珪素ゲルマニウム（ $\text{SiGe}$ ）合金などで形成すると良い。続いて、レーザ結晶化法を行なって得られた結晶質半導体膜を所望の形状にパターニングして、半導体層402~406を形成する。もちろん、レーザ結晶化法だけでなく、他の公知の結晶化処理（RTAやファーネスアニール炉等を利用した熱結晶化法、ニッケルなどの触媒を用いた熱結晶化法等）と組み合わせて行なってもよい。

【0065】レーザ結晶化法において、パルス発振型または連続発光型のエキシマレーザやYAGレーザ、YVO<sub>4</sub>レーザ等を用いることができる。これらのレーザを用いる場合には、レーザ発振器から放射されたレーザビームを光学系で線状に集光し半導体膜に照射する方法を用いると良い。結晶化の条件は実施者が適宜選択するものであるが、エキシマレーザを用いる場合はパルス発振周波数30~300Hzとし、レーザエネルギー密度を100~800mJ/cm<sup>2</sup>（代表的には200~700mJ/cm<sup>2</sup>）とする。また、YAGレーザを用いる場合にはその

第2高調波を用いパルス発振周波数1~300Hzとし、レーザエネルギー密度を300~1000mJ/cm<sup>2</sup>（代表的には350~800mJ/cm<sup>2</sup>）とすると良い。そして幅100~1000μm、例えば400μmで線状に集光したレーザビームを基板全面に渡って照射する。

【0066】本実施例では、プラズマCVD法を用い、55nmの非晶質珪素膜を成膜した後、本発明のレーザ照射方法を適用したレーザ結晶化法により結晶質珪素膜を形成する。そして、この結晶質珪素膜をフォトリソグラフィ法を用いたパターニング処理によって、半導体層402~406を形成する。

【0067】半導体層402~406を形成した後、TFTのしきい値を制御するために微量な不純物元素（ボロンまたはリン）のドーピングを行なってもよい。

【0068】次いで、半導体層402~406を覆うゲート絶縁膜407を形成する。ゲート絶縁膜407はプラズマCVD法またはスパッタ法を用い、厚さを40~150nmとして珪素を含む絶縁膜で形成する。本実施例では、プラズマCVD法により110nmの厚さで酸化窒化珪素膜（組成比 $\text{Si}=32\%$ 、 $\text{O}=59\%$ 、 $\text{N}=7\%$ 、 $\text{H}=2\%$ ）で形成した。もちろん、ゲート絶縁膜は酸化窒化珪素膜に限定されるものでなく、他の珪素を含む絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い。

【0069】また、酸化珪素膜を用いる場合には、プラズマCVD法でTEOS（Tetraethyl Orthosilicate）と $\text{O}_2$ とを混合し、反応圧力40Pa、基板温度300~400℃とし、高周波（13.56MHz）電力密度0.5~0.8W/cm<sup>2</sup>で放電させて形成することができる。このようにして作製される酸化珪素膜は、その後400~500℃の熱アニールによりゲート絶縁膜として良好な特性を得ることができる。

【0070】次いで、図14（B）に示すように、ゲート絶縁膜407上に膜厚20~100nmの第1の導電膜408と、膜厚100~400nmの第2の導電膜409とを積層形成する。本実施例では、膜厚30nmのTa<sub>2</sub>N膜からなる第1の導電膜408と、膜厚370nmのW膜からなる第2の導電膜409を積層形成した。Ta<sub>2</sub>N膜はスパッタ法で形成し、Taのターゲットを用い、窒素を含む雰囲気内でスパッタした。また、W膜は、Wのターゲットを用いたスパッタ法で形成した。その他に6フッ化タングステン（WF<sub>6</sub>）を用いる熱CVD法で形成することもできる。いずれにしてもゲート電極として使用するためには低抵抗化を図る必要があり、W膜の抵抗率は20μΩcm以下にすることが望ましい。W膜は結晶粒を大きくすることで低抵抗率化を図ることができるが、W膜中に酸素などの不純物元素が多い場合には結晶化が阻害され高抵抗化する。従って、本実施例では、高純度のW（純度99.9999%）のターゲットを用いたスパッタ法で、さらに成膜時に気相中からの不純物の混入がないように十分配慮してW膜を形成

することにより、抵抗率 $9 \sim 20 \mu\Omega \text{cm}$ を実現することができた。

【0071】なお、本実施例では、第1の導電膜408をTa<sub>2</sub>N<sub>5</sub>、第2の導電膜409をWとしたが、特に限定されず、いずれもTa、W、Ti、Mo、Al、Cu、Cr、Ndから選ばれた元素、または前記元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料で形成してもよい。また、リン等の不純物元素をドーピングした結晶質珪素膜に代表される半導体膜を用いてもよい。また、AgPdCu合金を用いてもよい。また、第1の導電膜をタンタル(Ta)膜で形成し、第2の導電膜をW膜とする組み合わせ、第1の導電膜を窒化チタン(TiN)膜で形成し、第2の導電膜をW膜とする組み合わせ、第1の導電膜を窒化タンタル(TaN)膜で形成し、第2の導電膜をAl膜とする組み合わせ、第1の導電膜を窒化タンタル(TaN)膜で形成し、第2の導電膜をCu膜とする組み合わせとしてもよい。

【0072】次に、フォトリソグラフィ法を用いてレジストからなるマスク410~415を形成し、電極及び配線を形成するための第1のエッチング処理を行なう。第1のエッチング処理では第1及び第2のエッチング条件で行なう。本実施例では第1のエッチング条件として、ICP(Inductively Coupled Plasma:誘導結合型プラズマ)エッチング法を用い、エッチング用ガスにCF<sub>4</sub>とCl<sub>2</sub>とO<sub>2</sub>とを用い、それぞれのガス流量比を25/25/10(sccm)とし、1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF(13.56MHz)電力を投入してプラズマを生成してエッチングを行った。ここでは、松下電器産業(株)製のICPを用いたドライエッチング装置(Model E645-□ICP)を用いた。基板側(試料ステージ)にも150WのRF(13.56MHz)電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。この第1のエッチング条件によりW膜をエッチングして第1の導電層の端部をテーパ形状とする。

【0073】この後、レジストからなるマスク410~415を除去せずに第2のエッチング条件に変え、エッチング用ガスにCF<sub>4</sub>とCl<sub>2</sub>とを用い、それぞれのガス流量比を30/30(sccm)とし、1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF(13.56MHz)電力を投入してプラズマを生成して約30秒程度のエッチングを行った。基板側(試料ステージ)にも20WのRF(13.56MHz)電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。CF<sub>4</sub>とCl<sub>2</sub>を混合した第2のエッチング条件ではW膜及びTa<sub>2</sub>N<sub>5</sub>膜とも同程度にエッチングされる。なお、ゲート絶縁膜上に残渣を残すことなくエッチングするためには、10~20%程度の割合でエッチング時間を増加させると良い。

【0074】上記第1のエッチング処理では、レジストからなるマスクの形状を適したものとすることにより、基板側に印加するバイアス電圧の効果により第1の導電

層及び第2の導電層の端部がテーパ形状となる。このテーパ部の角度は15~45°となる。こうして、第1のエッチング処理により第1の導電層と第2の導電層から成る第1の形状の導電層417~422(第1の導電層417a~422aと第2の導電層417b~422b)を形成する。416はゲート絶縁膜であり、第1の形状の導電層417~422で覆われない領域は20~50nm程度エッチングされ薄くなった領域が形成される。

【0075】そして、レジストからなるマスクを除去せずに第1のドーピング処理を行い、半導体層にn型を付与する不純物元素を添加する。(図15(A))ドーピング処理はイオンドープ法、若しくはイオン注入法で行なえば良い。イオンドープ法の条件はドーズ量を $1 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{15} / \text{cm}^2$ とし、加速電圧を60~100keVとして行なう。本実施例ではドーズ量を $1.5 \times 10^{15} / \text{cm}^2$ とし、加速電圧を80keVとして行なった。n型を付与する不純物元素として15族に属する元素、典型的にはリン(P)または砒素(As)を用いるが、ここではリン(P)を用いた。この場合、導電層417~421がn型を付与する不純物元素に対するマスクとなり、自己整合的に第1の高濃度不純物領域306~310が形成される。第1の高濃度不純物領域306~310には $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ の濃度範囲でn型を付与する不純物元素を添加する。

【0076】次いで、レジストからなるマスクを除去せずに第2のエッチング処理を行なう。ここでは、エッチングガスにCF<sub>4</sub>とCl<sub>2</sub>とO<sub>2</sub>とを用い、W膜を選択的にエッチングする。この時、第2のエッチング処理により第2の導電層428b~433bを形成する。一方、第1の導電層417a~422aは、ほとんどエッチングされず、第2の形状の導電層428~433を形成する。

【0077】次いで、レジストからなるマスクを除去せずに、図15(B)に示すように、第2のドーピング処理を行なう。この場合、第1のドーピング処理よりもドーズ量を下げて、70~120keVの高い加速電圧で、n型を付与する不純物元素を導入する。本実施例ではドーズ量を $1.5 \times 10^{14} / \text{cm}^2$ とし、加速電圧を90keVとして行なった。第2のドーピング処理は第2の形状の導電層428~433をマスクとして用い、第2の導電層428b~433bの下方における半導体層にも不純物元素が導入され、新たに第2の高濃度不純物領域423a~427aおよび低濃度不純物領域423b~427bが形成される。

【0078】次いで、レジストからなるマスクを除去した後、新たにレジストからなるマスク434aおよび434bを形成して、図15(C)に示すように、第3のエッチング処理を行なう。エッチング用ガスにSF<sub>6</sub>およびCl<sub>2</sub>とを用い、ガス流量比を50/10(scc

m)とし、1.3Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF(13.56MHz)電力を投入してプラズマを生成し、約30秒のエッチング処理を行なう。基板側(資料ステージ)には10WのRF(13.56MHz)電力を投入し、実質的には不の自己バイアス電圧を印加する。こうして、前記大3のエッチング処理により、pチャネル型TFTおよび画素部のTFT(画素TFT)のTaN膜をエッチングして、第3の形状の導電層435~438を形成する。

【0079】次いで、レジストからなるマスクを除去した後、第2の形状の導電層428、430および第2の形状の導電層435~438をマスクとして用い、ゲート絶縁膜416を選択的に除去して絶縁層439~444を形成する。(図16(A))

【0080】次いで、新たにレジストからなるマスク445a~445cを形成して第3のドーピング処理を行なう。この第3のドーピング処理により、pチャネル型TFTの活性層となる半導体層に前記一導電型とは逆の導電型を付与する不純物元素が添加された不純物領域446、447を形成する。第2の導電層435a、438aを不純物元素に対するマスクとして用い、p型を付与する不純物元素を添加して自己整合的に不純物領域を形成する。本実施例では、不純物領域446、447はジボラン(B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)を用いたイオンドープ法で形成する。(図16(B))この第3のドーピング処理の際には、nチャネル型TFTを形成する半導体層はレジストからなるマスク445a~445cで覆われている。第1のドーピング処理及び第2のドーピング処理によって、不純物領域446、447にはそれぞれ異なる濃度でリンが添加されているが、そのいずれの領域においてもp型を付与する不純物元素の濃度を $2 \times 10^{20} \sim 2 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ となるようにドーピング処理することにより、pチャネル型TFTのソース領域およびドレイン領域として機能するために何ら問題は生じない。本実施例では、pチャネル型TFTの活性層となる半導体層の一部が露呈しているため、不純物元素(ボロン)を添加しやすい利点を有している。

【0081】以上までの工程で、それぞれの半導体層に不純物領域が形成される。

【0082】次いで、レジストからなるマスク445a~445cを除去して第1の層間絶縁膜461を形成する。この第1の層間絶縁膜461としては、プラズマCVD法またはスパッタ法を用い、厚さを100~200nmとして珪素を含む絶縁膜で形成する。本実施例では、プラズマCVD法により膜厚150nmの酸化窒化珪素膜を形成した。もちろん、第1の層間絶縁膜461は酸化窒化珪素膜に限定されるものでなく、他の珪素を含む絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い。

【0083】次いで、図16(C)に示すように、加熱処理を行なって、半導体層の結晶性の回復、それぞれの

半導体層に添加された不純物元素の活性化を行なう。この加熱処理はファーンズアニール炉を用いる熱アニール法で行なう。熱アニール法としては、酸素濃度が1ppm以下、好ましくは0.1ppm以下の窒素雰囲気中で400~700℃、代表的には500~550℃で行えばよく、本実施例では550℃、4時間の熱処理で活性化処理を行った。なお、熱アニール法の他に、レーザアニール法、またはラピッドサーマルアニール法(RTA法)を適用することができる。

【0084】また、第1の層間絶縁膜を形成する前に加熱処理を行なっても良い。ただし、用いた配線材料が熱に弱い場合には、本実施例のように配線等を保護するため層間絶縁膜(珪素を主成分とする絶縁膜、例えば窒化珪素膜)を形成した後で活性化処理を行なうことが好ましい。

【0085】さらに、3~100%の水素を含む雰囲気中で、300~550℃で1~12時間の熱処理を行ない、半導体層を水素化する工程を行なう。本実施例では水素を約3%の含む窒素雰囲気中で410℃、1時間の熱処理を行った。この工程は層間絶縁膜に含まれる水素により半導体層のダングリングボンドを終端する工程である。水素化の他の手段として、プラズマ水素化(プラズマにより励起された水素を用いる)を行なっても良い。

【0086】また、活性化処理としてレーザアニール法を用いる場合には、上記水素化を行った後、エキシマレーザやYAGレーザ等のレーザビームを照射することが望ましい。

【0087】次いで、第1の層間絶縁膜461上に無機絶縁膜材料または有機絶縁物材料から成る第2の層間絶縁膜462を形成する。本実施例では、膜厚1.6μmのアクリル樹脂膜を形成したが、粘度が10~1000cp、好ましくは40~200cpのものをを用い、表面に凸凹が形成されるものを用いた。

【0088】本実施例では、鏡面反射を防ぐため、表面に凸凹が形成される第2の層間絶縁膜を形成することによって画素電極の表面に凸凹を形成した。また、画素電極の表面に凹凸を持たせて光散乱性を図るため、画素電極の下方の領域に凸部を形成してもよい。その場合、凸部の形成は、TFTの形成と同じフォトリソ法で行なうことができるため、工程数の増加なく形成することができる。なお、この凸部は配線及びTFT部以外の画素部領域の基板上に適宜設ければよい。こうして、凸部を覆う絶縁膜の表面に形成された凸凹に沿って画素電極の表面に凸凹が形成される。

【0089】また、第2の層間絶縁膜462として表面が平坦化する膜を用いてもよい。その場合は、画素電極を形成した後、公知のサンドブラスト法やエッチング法等の工程を追加して表面を凹凸化させて、鏡面反射を防ぎ、反射光を散乱させることによって白色度を増加させ

ることが好ましい。

【0090】そして、駆動回路506において、各不純物領域とそれぞれ電氣的に接続する配線463~467を形成する。なお、これらの配線は、膜厚50nmのTi膜と、膜厚500nmの合金膜（AlとTiとの合金膜）との積層膜をパターンニングして形成する。

【0091】また、画素部507においては、画素電極470、ゲート配線469、接続電極468を形成する。（図17）この接続電極468によりソース配線（443bと449の積層）は、画素TFTと電氣的な接続が形成される。また、ゲート配線469は、画素TFTのゲート電極と電氣的な接続が形成される。また、画素電極470は、画素TFTのドレイン領域442と電氣的な接続が形成され、さらに保持容量を形成する一方の電極として機能する半導体層458と電氣的な接続が形成される。また、画素電極470としては、AlまたはAgを主成分とする膜、またはそれらの積層膜等の反射性の優れた材料を用いることが望ましい。

【0092】以上のようにして、nチャネル型TFT501とpチャネル型TFT502からなるCMOS回路、及びnチャネル型TFT503を有する駆動回路506と、画素TFT504、保持容量505とを有する画素部507を同一基板上に形成することができる。こうして、アクティブマトリクス基板が完成する。

【0093】駆動回路506のnチャネル型TFT501はチャネル形成領域423c、ゲート電極の一部を構成する第1の導電層428aと重なる低濃度不純物領域423b（GOLD領域）、とソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域423aを有している。このnチャネル型TFT501と電極466で接続してCMOS回路を形成するpチャネル型TFT502にはチャネル形成領域446d、ゲート電極の外側に形成される不純物領域446b、446c、ソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域446aを有している。また、nチャネル型TFT503にはチャネル形成領域425c、ゲート電極の一部を構成する第1の導電層430aと重なる低濃度不純物領域425b（GOLD領域）、とソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域425aを有している。

【0094】画素部の画素TFT504にはチャネル形成領域426c、ゲート電極の外側に形成される低濃度不純物領域426b（LDD領域）とソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域426aを有している。また、保持容量505の一方の電極として機能する半導体層447a、447bには、それぞれp型を付与する不純物元素が添加されている。保持容量505は、絶縁膜444を誘電体として、電極（438aと438bの積層）と、半導体層447a~447cとで形成している。

【0095】また、本実施例の画素構造は、ブラックマトリクスを用いることなく、画素電極間の隙間が遮光されるように、画素電極の端部をソース配線と重なるように配置形成する。

【0096】また、本実施例で作製するアクティブマトリクス基板の画素部の上面図を図18に示す。なお、図14~図17に対応する部分には同じ符号を用いている。図17中の鎖線A-A'は図18中の鎖線A-A'で切断した断面図に対応している。また、図17中の鎖線B-B'は図18中の鎖線B-B'で切断した断面図に対応している。

【0097】また、本実施例は実施例1乃至4と自由に組み合わせることが可能である。

【0098】〔実施例6〕本実施例では、実施例5で作製したアクティブマトリクス基板から、反射型液晶表示装置を作製する工程を以下に説明する。説明には図19を用いる。

【0099】まず、実施例5に従い、図17の状態のアクティブマトリクス基板を得た後、図17のアクティブマトリクス基板上、少なくとも画素電極470上に配向膜567を形成しラビング処理を行なう。なお、本実施例では配向膜567を形成する前に、アクリル樹脂膜等の有機樹脂膜をパターンニングすることによって基板間隔を保持するための柱状のスペーサ572を所望の位置に形成した。また、柱状のスペーサに代えて、球状のスペーサを基板全面に散布してもよい。

【0100】次いで、対向基板569を用意する。次いで、対向基板569上に着色層570、571、平坦化膜573を形成する。赤色の着色層570と青色の着色層572とを重ねて、遮光部を形成する。また、赤色の着色層と緑色の着色層とを一部重ねて、遮光部を形成してもよい。

【0101】本実施例では、実施例5に示す基板を用いている。従って、実施例5の画素部の上面図を示す図18では、少なくともゲート配線469と画素電極470の間隙と、ゲート配線469と接続電極468の間隙と、接続電極468と画素電極470の間隙を遮光する必要がある。本実施例では、それらの遮光すべき位置に着色層の積層からなる遮光部が重なるように各着色層を配置して、対向基板を貼り合わせた。

【0102】このように、ブラックマスク等の遮光層を形成することなく、各画素間の隙間を着色層の積層からなる遮光部で遮光することによって工程数の低減を可能とした。

【0103】次いで、平坦化膜573上に透明導電膜からなる対向電極576を少なくとも画素部に形成し、対向基板の全面に配向膜574を形成し、ラビング処理を施した。

【0104】そして、画素部と駆動回路が形成されたアクティブマトリクス基板と対向基板とをシール材568

で貼り合わせる。シール材568にはフィラーが混入されていて、このフィラーと柱状スペーサによって均一な間隔を持って2枚の基板が貼り合わせられる。その後、両基板の間に液晶材料575を注入し、封止剤（図示せず）によって完全に封止する。液晶材料575には公知の液晶材料を用いれば良い。このようにして図19に示す反射型液晶表示装置が完成する。そして、必要があれば、アクティブマトリクス基板または対向基板を所望の形状に分断する。さらに、対向基板のみに偏光板（図示しない）を貼りつけた。そして、公知の技術を用いてFPCを貼りつけた。

【0105】以上のようにして作製される液晶表示パネルは各種電子機器の表示部として用いることができる。

【0106】なお、本実施例は実施例1乃至5と自由に組み合わせることが可能である。

【0107】〔実施例7〕本実施例では、本発明を用いて発光装置を作製した例について説明する。本明細書において、発光装置とは、基板上に形成された発光素子を該基板とカバー材の間に封入した表示用パネルおよび該表示用パネルにICを実装した表示用モジュールを総称したものである。なお、発光素子は、電場を加えることで発生するルミネッセンス（Electro Luminescence）が得られる有機化合物を含む層（発光層）と陽極層と、陰極層とを有する。また、有機化合物におけるルミネッセンスには、一重項励起状態から基底状態に戻る際の発光（蛍光）と三重項励起状態から基底状態に戻る際の発光（リン光）があり、これらのうちどちらか、あるいは両方の発光を含む。

【0108】図20は本実施例の発光装置の断面図である。図20において、基板700上に設けられたスイッチングTFT603は図17のnチャネル型TFT503を用いて形成される。したがって、構造の説明はnチャネル型TFT503の説明を参照すれば良い。

【0109】なお、本実施例ではチャネル形成領域が二つ形成されるダブルゲート構造としているが、チャネル形成領域が一つ形成されるシングルゲート構造もしくは三つ形成されるトリプルゲート構造であっても良い。

【0110】基板700上に設けられた駆動回路は図17のCMOS回路を用いて形成される。従って、構造の説明はnチャネル型TFT501とpチャネル型TFT502の説明を参照すれば良い。なお、本実施例ではシングルゲート構造としているが、ダブルゲート構造もしくはトリプルゲート構造であっても良い。

【0111】また、配線701、703はCMOS回路のソース配線、702はドレイン配線として機能する。また、配線704はソース配線708とスイッチングTFTのソース領域とを電気的に接続する配線として機能し、配線705はドレイン配線709とスイッチングTFTのドレイン領域とを電気的に接続する配線として機能する。

【0112】なお、電流制御TFT604は図17のpチャネル型TFT502を用いて形成される。従って、構造の説明はpチャネル型TFT502の説明を参照すれば良い。なお、本実施例ではシングルゲート構造としているが、ダブルゲート構造もしくはトリプルゲート構造であっても良い。

【0113】また、配線706は電流制御TFTのソース配線（電流供給線に相当する）であり、707は電流制御TFTの画素電極710上に重ねることで画素電極710と電気的に接続する電極である。

【0114】なお、710は、透明導電膜からなる画素電極（発光素子の陽極）である。透明導電膜としては、酸化インジウムと酸化スズとの化合物、酸化インジウムと酸化亜鉛との化合物、酸化亜鉛、酸化スズまたは酸化インジウムを用いることができる。また、前記透明導電膜にガリウムを添加したものを用いても良い。画素電極710は、上記配線を形成する前に平坦な層間絶縁膜711上に形成する。本実施例においては、樹脂からなる平坦化膜711を用いてTFTによる段差を平坦化することは非常に重要である。後に形成される発光層は非常に薄いため、段差が存在することによって発光不良を起こす場合がある。従って、発光層をできるだけ平坦面に形成しうるように画素電極を形成する前に平坦化しておくことが望ましい。

【0115】配線701～707を形成後、図20に示すようにバンク712を形成する。バンク712は100～400nmの珪素を含む絶縁膜もしくは有機樹脂膜をパターニングして形成すれば良い。

【0116】なお、バンク712は絶縁膜であるため、成膜時における素子の静電破壊には注意が必要である。本実施例ではバンク712の材料となる絶縁膜中にカーボン粒子や金属粒子を添加して抵抗率を下げ、静電気の発生を抑制する。この際、抵抗率は $1 \times 10^6 \sim 1 \times 10^{12} \Omega \text{m}$ （好ましくは $1 \times 10^8 \sim 1 \times 10^{10} \Omega \text{m}$ ）となるようにカーボン粒子や金属粒子の添加量を調節すれば良い。

【0117】画素電極710の上には発光層713が形成される。なお、図20では一画素しか図示していないが、本実施例ではR（赤）、G（緑）、B（青）の各色に対応した発光層を作り分けている。また、本実施例では蒸着法により低分子系有機発光材料を形成している。具体的には、正孔注入層として20nm厚の銅フタロシアニン（CuPc）膜を設け、その上に発光層として70nm厚のトリス-8-キノリノラトアルミニウム錯体（Alq<sub>3</sub>）膜を設けた積層構造としている。Alq<sub>3</sub>にキナクリドン、ペリレンもしくはDCM1といった蛍光色素を添加することで発光色を制御することができる。

【0118】但し、以上の例は発光層として用いることのできる有機発光材料の一例であって、これに限定する必要はまったくない。発光層、電荷輸送層または電荷注



入層を自由に組み合わせて発光層（発光及びそのためのキャリアの移動を行わせるための層）を形成すれば良い。例えば、本実施例では低分子系有機発光材料を発光層として用いる例を示したが、高分子系有機発光材料を用いても良い。また、電荷輸送層や電荷注入層として炭化珪素等の無機材料を用いることも可能である。これらの有機発光材料や無機材料は公知の材料を用いることができる。

【0119】次に、発光層713の上には導電膜からなる陰極714が設けられる。本実施例の場合、導電膜としてアルミニウムとリチウムとの合金膜を用いる。勿論、公知のMgAg膜（マグネシウムと銀との合金膜）を用いても良い。陰極材料としては、周期表の1族もしくは2族に属する元素からなる導電膜もしくはそれらの元素を添加した導電膜を用いれば良い。

【0120】この陰極714まで形成された時点で発光素子715が完成する。なお、ここでいう発光素子715は、画素電極（陽極）710、発光層713及び陰極714で形成されたダイオードを指す。

【0121】発光素子715を完全に覆うようにしてパッシベーション膜716を設けることは有効である。パッシベーション膜716としては、炭素膜、窒化珪素膜もしくは窒化酸化珪素膜を含む絶縁膜からなり、該絶縁膜を単層もしくは組み合わせた積層で用いる。

【0122】この際、カバレッジの良い膜をパッシベーション膜として用いることが好ましく、炭素膜、特にDLC（ダイヤモンドライクカーボン）膜を用いることは有効である。DLC膜は室温から100℃以下の温度範囲で成膜可能であるため、耐熱性の低い発光層713の上方にも容易に成膜することができる。また、DLC膜は酸素に対するブロッキング効果が高く、発光層713の酸化を抑制することが可能である。そのため、この後に続く封止工程を行う間に発光層713が酸化するといった問題を防止できる。

【0123】さらに、パッシベーション膜716上に封止材717を設け、カバー材718を貼り合わせる。封止材717としては紫外線硬化樹脂を用いれば良く、内部に吸湿効果を有する物質もしくは酸化防止効果を有する物質を設けることは有効である。また、本実施例においてカバー材718はガラス基板や石英基板やプラスチック基板（プラスチックフィルムも含む）の両面に炭素膜（好ましくはダイヤモンドライクカーボン膜）を形成したものをを用いる。

【0124】こうして図20に示すような構造の発光装置が完成する。なお、バンク712を形成した後、パッシベーション膜716を形成するまでの工程をマルチチャンバー方式（またはインライン方式）の成膜装置を用いて、大気解放せずに連続的に処理することは有効である。また、さらに発展させてカバー材718を貼り合わせる工程までを大気解放せずに連続的に処理することも

可能である。

【0125】こうして、プラスチック基板を母体とする絶縁体501上にnチャネル型TFT601、602、スイッチングTFT（nチャネル型TFT）603および電流制御TFT（nチャネル型TFT）604が形成される。ここまでの製造工程で必要としたマスク数は、一般的なアクティブマトリクス型発光装置よりも少ない。

【0126】即ち、TFTの製造工程が大幅に簡略化されており、歩留まりの向上および製造コストの低減が実現できる。

【0127】さらに、図20を用いて説明したように、ゲート電極に絶縁膜を介して重なる不純物領域を設けることによりホットキャリア効果に起因する劣化に強いnチャネル型TFTを形成することができる。そのため、信頼性の高い発光装置を実現できる。

【0128】また、本実施例では画素部と駆動回路の構成のみ示しているが、本実施例の製造工程に従えば、その他にも信号分割回路、D/Aコンバータ、オペアンプ、γ補正回路などの論理回路を同一の絶縁体上に形成可能であり、さらにはメモリやマイクロプロセッサをも形成しうる。

【0129】さらに、発光素子を保護するための封止（または封入）工程まで行った後の本実施例の発光装置について図21を用いて説明する。なお、必要に応じて図20で用いた符号を引用する。

【0130】図21（A）は、発光素子の封止までを行った状態を示す上面図、図21（B）は図21（A）をC-C'で切断した断面図である。点線で示された815はソース側駆動回路、816は画素部、817はゲート側駆動回路である。また、901はカバー材、902は第1シール材、903は第2シール材であり、第1シール材902で囲まれた内側には封止材907が設けられる。

【0131】なお、904はソース側駆動回路815及びゲート側駆動回路817に入力される信号を伝送するための配線であり、外部入力端子となるFPC（フレキシブルプリントサーキット）905からビデオ信号やクロック信号を受け取る。なお、ここではFPCしか図示されていないが、このFPCにはプリント配線基盤（PWB）が取り付けられていても良い。本明細書における発光装置には、発光装置本体だけでなく、それにFPCもしくはPWBが取り付けられた状態をも含むものとする。

【0132】次に、断面構造について図21（B）を用いて説明する。基板700の上方には画素部816、ゲート側駆動回路817が形成されており、画素部816は電流制御TFT604とそのドレインに電気的に接続された画素電極710を含む複数の画素により形成される。また、ゲート側駆動回路817はnチャネル型TFT

T601とpチャネル型TFT602とを組み合わせたCMOS回路(図14参照)を用いて形成される。

【0133】画素電極710は発光素子の陽極として機能する。また、画素電極710の両端にはバンク712が形成され、画素電極710上には発光層713および発光素子の陰極714が形成される。

【0134】陰極714は全画素に共通の配線としても機能し、接続配線904を経由してFPC905に電気的に接続されている。さらに、画素部816及びゲート側駆動回路817に含まれる素子は全て陰極714およびパッシベーション膜567で覆われている。

【0135】また、第1シール材902によりカバー材901が貼り合わされている。なお、カバー材901と発光素子との間隔を確保するために樹脂膜からなるスペーサを設けても良い。そして、第1シール材902の内側には封止材907が充填されている。なお、第1シール材902、封止材907としてはエポキシ系樹脂を用いるのが好ましい。また、第1シール材902はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。さらに、封止材907の内部に吸湿効果をもつ物質や酸化防止効果をもつ物質を含有させても良い。

【0136】発光素子を覆うようにして設けられた封止材907はカバー材901を接着するための接着剤としても機能する。また、本実施例ではカバー材901を構成するプラスチック基板901aの材料としてFRP(Fiberglass-Reinforced Plastics)、PVF(ポリビニルフロライド)、マイラー、ポリエステルまたはアクリルを用いることができる。

【0137】また、封止材907を用いてカバー材901を接着した後、封止材907の側面(露呈面)を覆うように第2シール材903を設ける。第2シール材903は第1シール材902と同じ材料を用いることができる。

【0138】以上のような構造で発光素子を封止材907に封入することにより、発光素子を外部から完全に遮断することができ、外部から水分や酸素等の発光層の酸化による劣化を促す物質が侵入することを防ぐことができる。従って、信頼性の高い発光装置が得られる。

【0139】なお、本実施例は実施例1乃至5と自由に組み合わせることが可能である。

【0140】〔実施例8〕本発明を適用して、本発明を実施して形成されたCMOS回路や画素部は様々な電気光学装置(アクティブマトリクス型液晶ディスプレイ、アクティブマトリクス型ECディスプレイ、アクティブマトリクス型発光ディスプレイ)に用いることが出来る。即ち、それら電気光学装置を表示部に組み込んだ電子機器全てに本発明を実施出来る。

【0141】その様な電子機器としては、ビデオカメラ、デジタルカメラ、プロジェクター、ヘッドマウントディスプレイ(ゴーグル型ディスプレイ)、カーナビゲ

ーション、カーステレオ、パーソナルコンピュータ、携帯情報端末(モバイルコンピュータ、携帯電話または電子書籍等)などが挙げられる。それらの一例を図22、図23及び図24に示す。

【0142】図22(A)はパーソナルコンピュータであり、本体3001、画像入力部3002、表示部3003、キーボード3004等を含む。本発明を表示部3003に適用することができる。

【0143】図22(B)はビデオカメラであり、本体3101、表示部3102、音声入力部3103、操作スイッチ3104、バッテリー3105、受像部3106等を含む。本発明を表示部3102に適用することができる。

【0144】図22(C)はモバイルコンピュータ(モバイルコンピュータ)であり、本体3201、カメラ部3202、受像部3203、操作スイッチ3204、表示部3205等を含む。本発明は表示部3205に適用することができる。

【0145】図22(D)はゴーグル型ディスプレイであり、本体3301、表示部3302、アーム部3303等を含む。本発明は表示部3302に適用することができる。

【0146】図22(E)はプログラムを記録した記録媒体(以下、記録媒体と呼ぶ)を用いるプレーヤーであり、本体3401、表示部3402、スピーカ部3403、記録媒体3404、操作スイッチ3405等を含む。なお、このプレーヤーは記録媒体としてDVD(Digital Versatile Disc)、CD等を用い、音楽鑑賞や映画鑑賞やゲームやインターネットを行なうことができる。本発明は表示部3402に適用することができる。

【0147】図22(F)はデジタルカメラであり、本体3501、表示部3502、接眼部3503、操作スイッチ3504、受像部(図示しない)等を含む。本発明を表示部3502に適用することができる。

【0148】図23(A)はフロント型プロジェクターであり、投射装置3601、スクリーン3602等を含む。本発明は投射装置3601の一部を構成する液晶表示装置3808やその他の駆動回路に適用することができる。

【0149】図23(B)はリア型プロジェクターであり、本体3701、投射装置3702、ミラー3703、スクリーン3704等を含む。本発明は投射装置3702の一部を構成する液晶表示装置3808やその他の駆動回路に適用することができる。

【0150】なお、図23(C)は、図23(A)及び図23(B)中における投射装置3601、3702の構造の一例を示した図である。投射装置3601、3702は、光源光学系3801、ミラー3802、3804~3806、ダイクロイックミラー3803、プリズ

ム 3807、液晶表示装置 3808、位相差板 3809、投射光学系 3810 で構成される。投射光学系 2810 は、投射レンズを含む光学系で構成される。本実施例は三板式の例を示したが、特に限定されず、例えば単板式であってもよい。また、図 23 (C) 中において矢印で示した光路に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するためのフィルム、IR フィルム等の光学系を設けてもよい。

【0151】また、図 23 (D) は、図 23 (C) 中における光源光学系 3801 の構造の一例を示した図である。本実施例では、光源光学系 3801 は、リフレクター 2811、光源 3812、レンズアレイ 3813、3814、偏光変換素子 2815、集光レンズ 3816 で構成される。なお、図 23 (D) に示した光源光学系は一例であって特に限定されない。例えば、光源光学系に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するフィルム、IR フィルム等の光学系を設けてもよい。

【0152】ただし、図 23 に示したプロジェクターにおいては、透過型の電気光学装置を用いた場合を示しており、反射型の電気光学装置及び発光装置での適用例は図示していない。

【0153】図 24 (A) は携帯電話であり、本体 3901、音声出力部 3902、音声入力部 3903、表示部 3904、操作スイッチ 3905、アンテナ 3906 等を含む。本発明を表示部 3904 に適用することができる。

【0154】図 24 (B) は携帯書籍（電子書籍）であり、本体 4001、表示部 4002、4003、記憶媒体 4004、操作スイッチ 4005、アンテナ 4006 等を含む。本発明は表示部 4002、4003 に適用することができる。

【0155】図 24 (C) はディスプレイであり、本体 4101、支持台 4102、表示部 4103 等を含む。本発明は表示部 4103 に適用することができる。本発明のディスプレイは特に大画面化した場合において有利であり、対角 10 インチ以上（特に 30 インチ以上）のディスプレイには有利である。

【0156】以上の様に、本発明の適用範囲は極めて広く、あらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。また、本実施例の電子機器は実施例 1～7 のどのような組み合わせからなる構成を用いても実現することができる。

【0157】

【発明の効果】本発明によれば、故意に干渉縞を形成させたレーザ光を半導体膜に照射することで、複数のラテラル成長による結晶粒の列を形成し、レーザ光の移動距離を  $mp \pm w$  ( $m$  は自然数、 $p$  はレーザ光における周期的なエネルギー分布のピッチ、 $w$  は形成される結晶粒の幅)、または、前記レーザ光のビーム幅またはビーム長

とすることで、スループットが向上し、半導体膜全面をラテラル成長による結晶粒で埋め尽くされた結晶質半導体膜を得ることが可能となる。また、照射面またはその近傍におけるレーザ光の形状を線状とすれば、スループットをさらに向上させることが可能となる。

【0158】また、実施例では照射面における形状が線状または矩形状であるレーザ光を説明したが、それ以外の形状のレーザ光に対しても本発明を適用することは可能である。

10 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の概念を示す図。

【図 2】 本発明の照射方法および得られる結晶質半導体膜を示す図。

15 【図 3】 本発明のレーザ照射装置の構成の例を示す図。

【図 4】 波長に対する非晶質珪素膜と結晶質珪素膜の吸収係数を示す図。

【図 5】 従来のレーザ光によって得られる結晶粒の様子を示す図。

20 【図 6】 従来の照射方法および得られる結晶質半導体膜を示す図。

【図 7】 全面ラテラル成長させるためのレーザ光の入射角を求めるための図。

25 【図 8】 本発明のレーザ照射装置の構成の例を示す図。

【図 9】 本発明のレーザ照射装置の構成の例を示す図。

【図 10】 図 9 の光学系により照射面に形成されるレーザ光の強度分布および結晶粒の様子を示す図。

30 【図 11】 本発明のレーザ照射方法により形成された結晶質半導体膜を示す図。

【図 12】 図 11 の模式図。

【図 13】 本発明のレーザ照射装置の構成の例を示す図。

35 【図 14】 画素 TFT、駆動回路の TFT の作製工程の例を示す断面図。

【図 15】 画素 TFT、駆動回路の TFT の作製工程の例を示す断面図。

40 【図 16】 画素 TFT、駆動回路の TFT の作製工程の例を示す断面図。

【図 17】 画素 TFT、駆動回路の TFT の作製工程の例を示す断面図。

【図 18】 画素部の画素を示す上面図。

45 【図 19】 アクティブマトリクス型液晶表示装置の作製工程を示す断面図。

【図 20】 発光装置の駆動回路及び画素部の断面構造図。

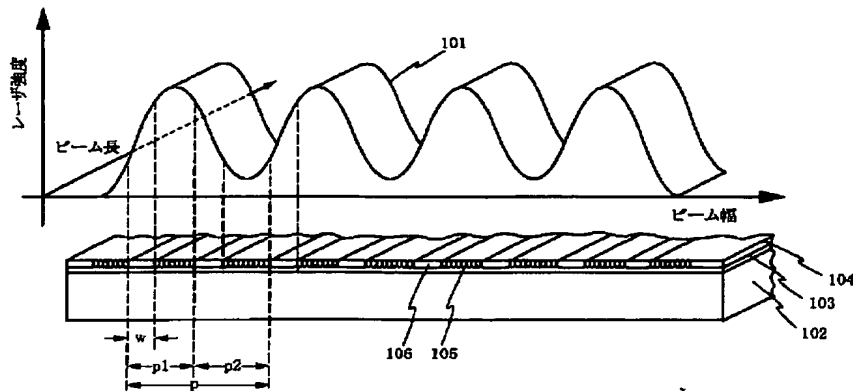
【図 21】 (A) 発光装置の上面図。(B) 発光装置の駆動回路及び画素部の断面構造図。

50 【図 22】 半導体装置の一例を示す図。

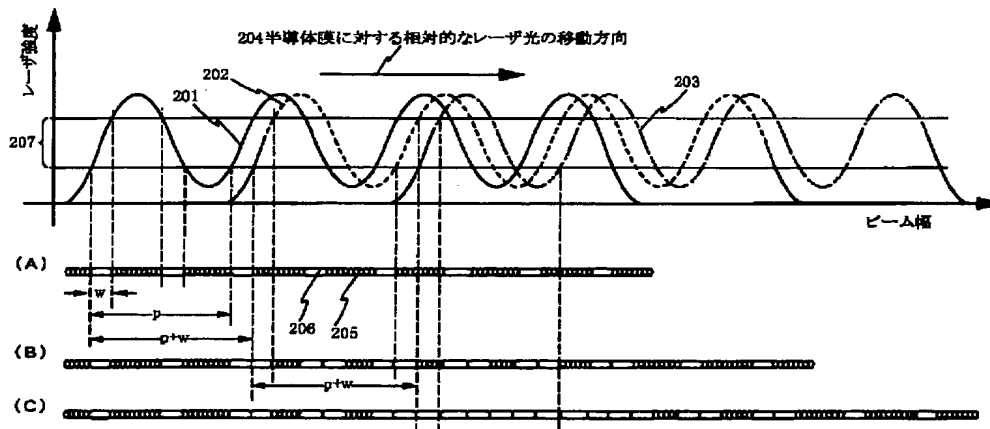
【図 2 3】 半導体装置の一例を示す図。

【図 2 4】 半導体装置の一例を示す図。

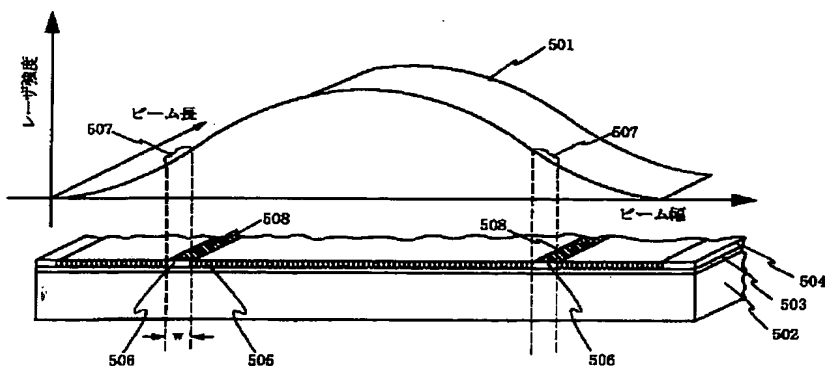
【図 1】



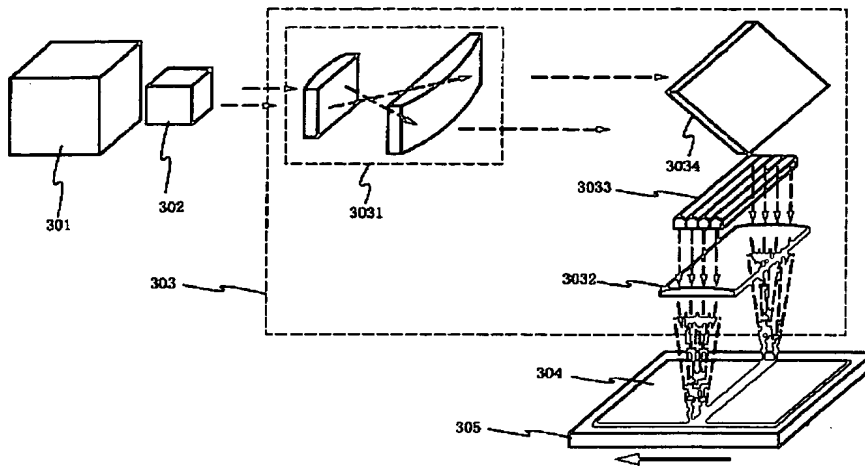
【図 2】



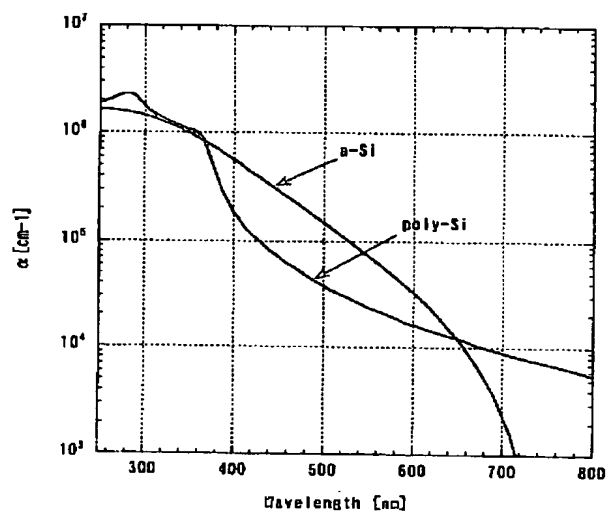
【図 5】



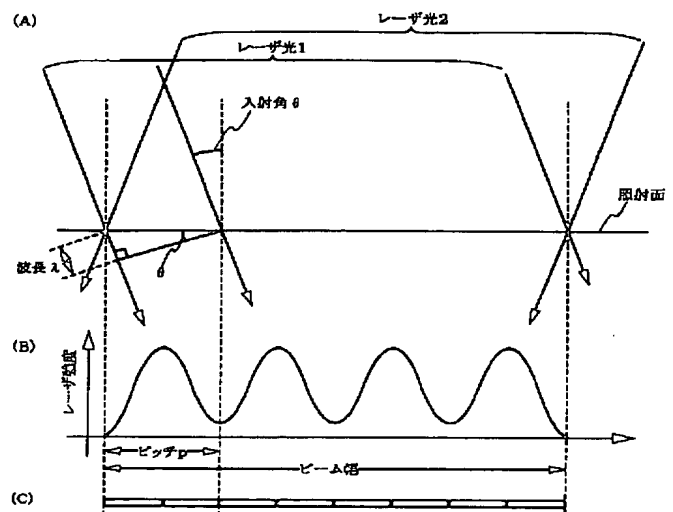
【図3】



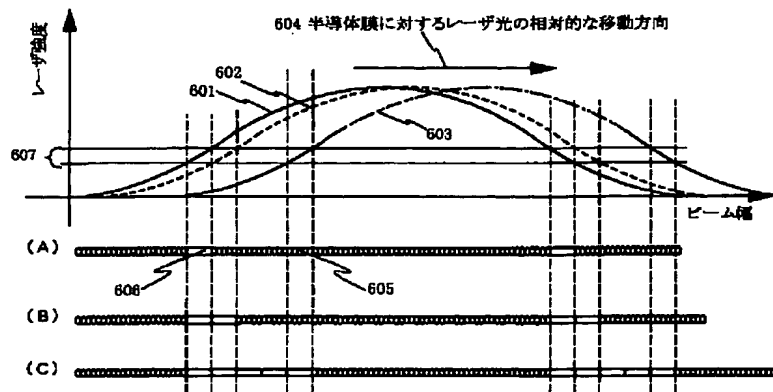
【図4】



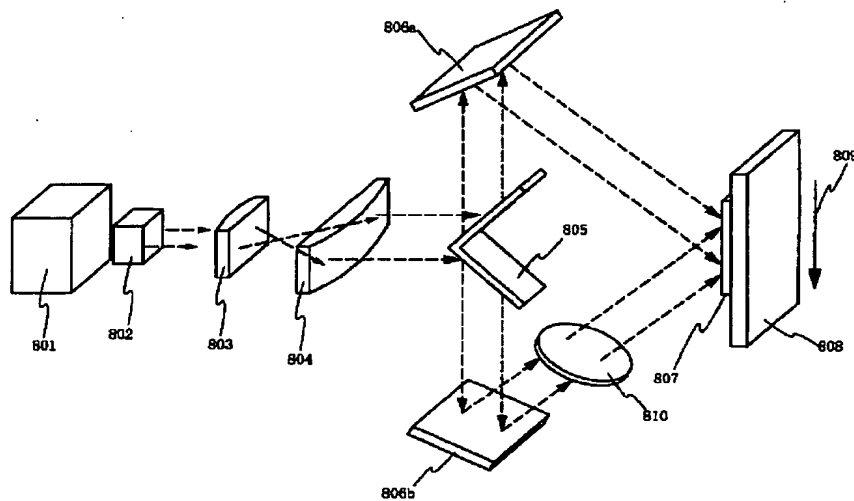
【図7】



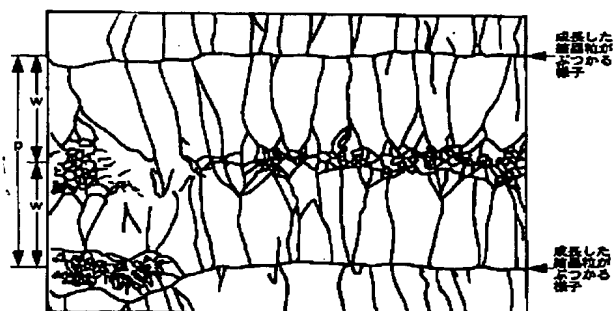
【図6】



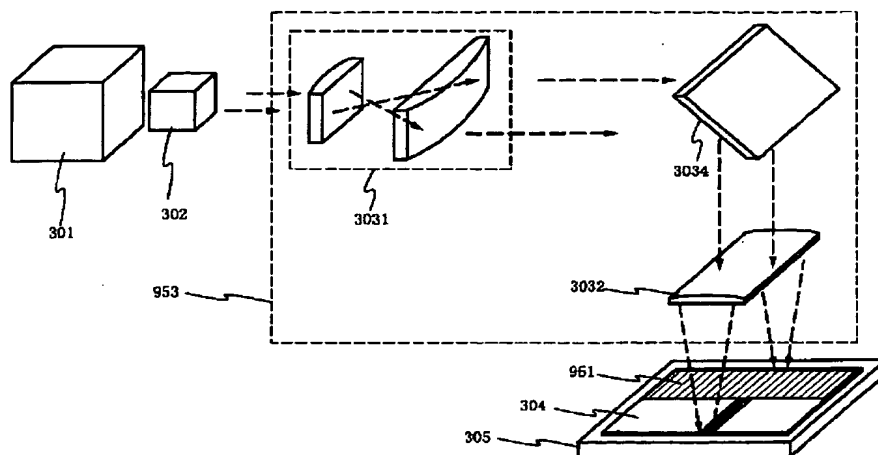
【図8】



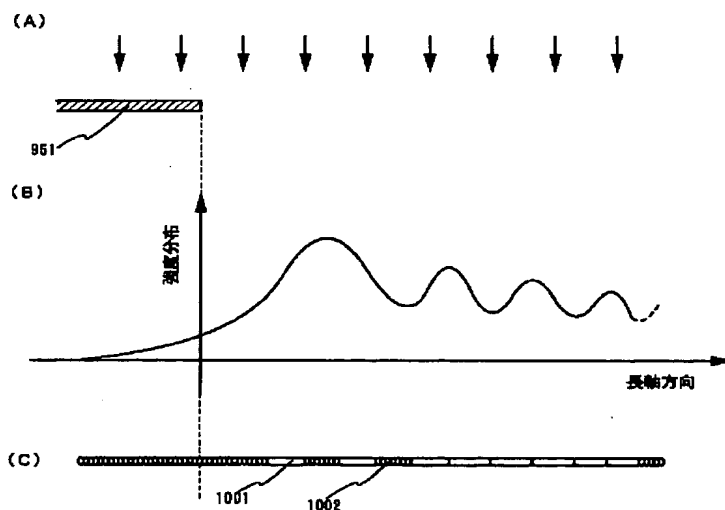
【図12】



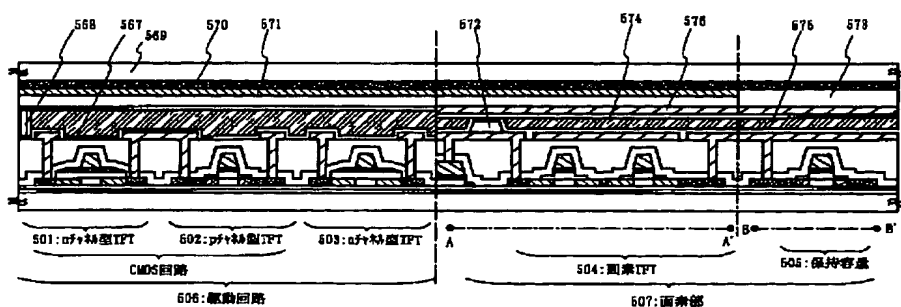
【図9】



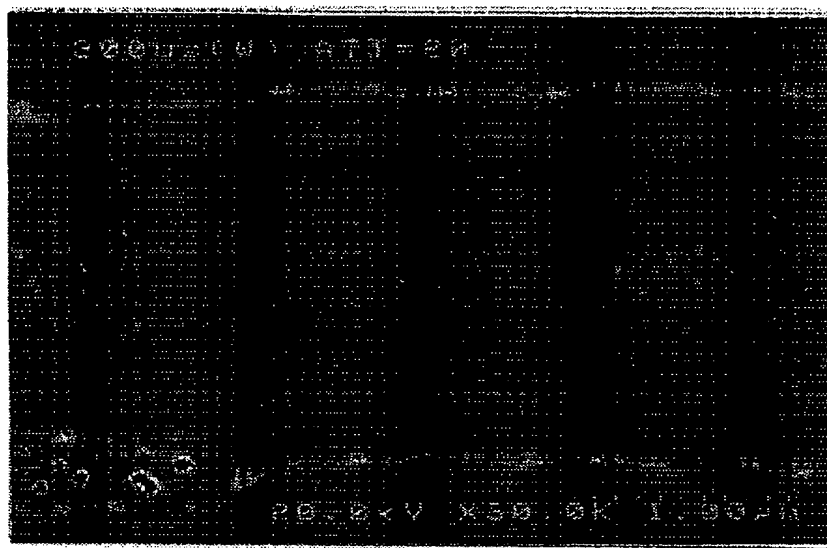
【図10】



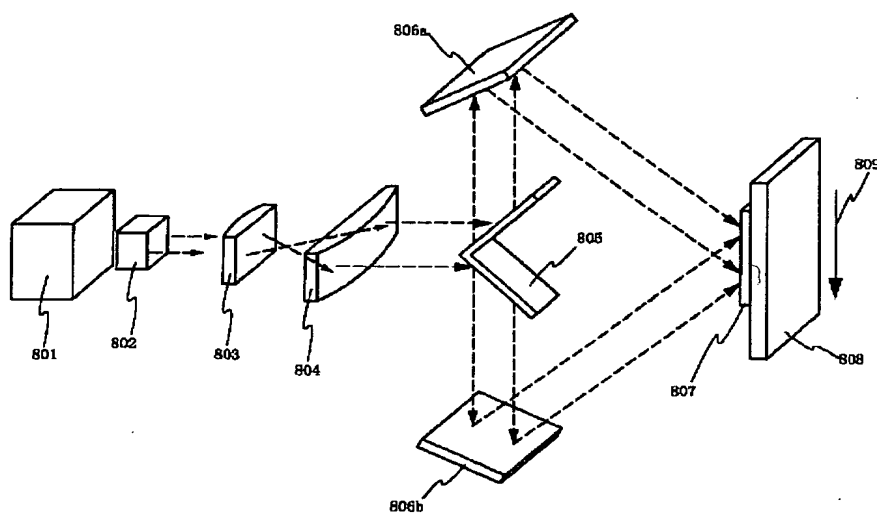
【図19】



【図11】

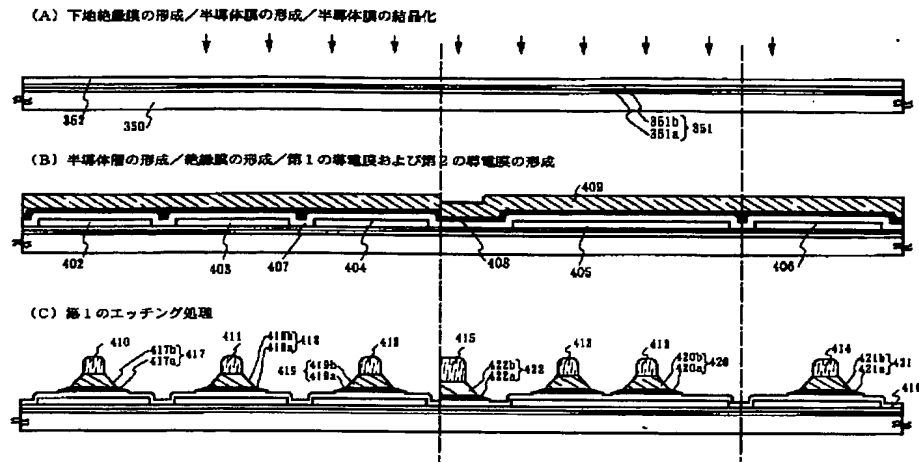


【図13】

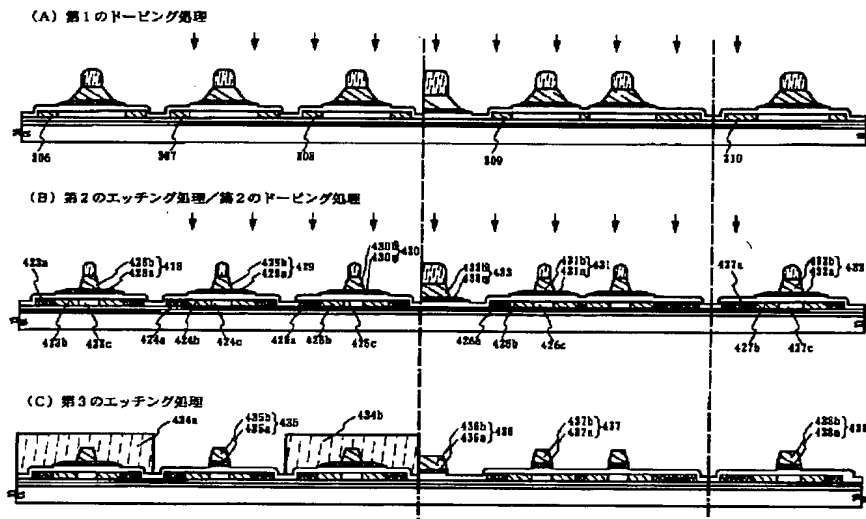




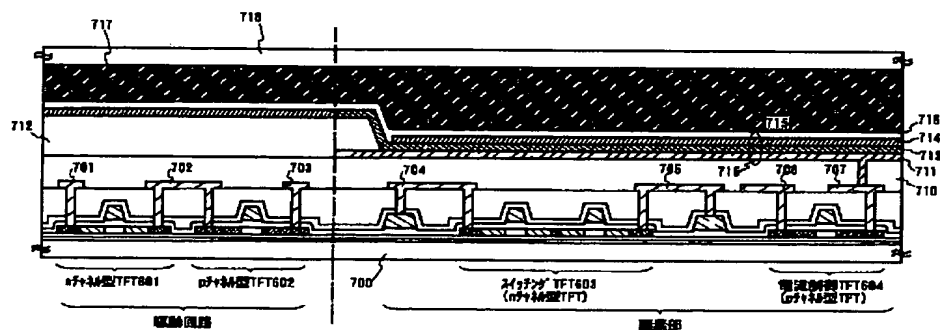
【図14】



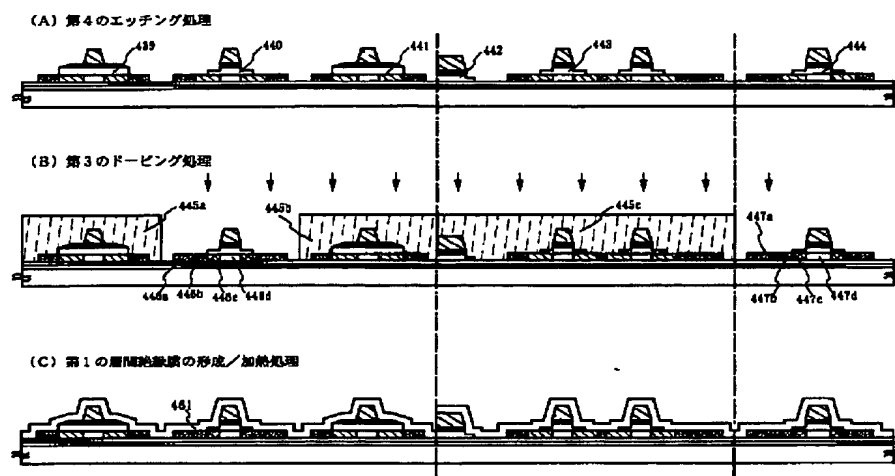
【図15】



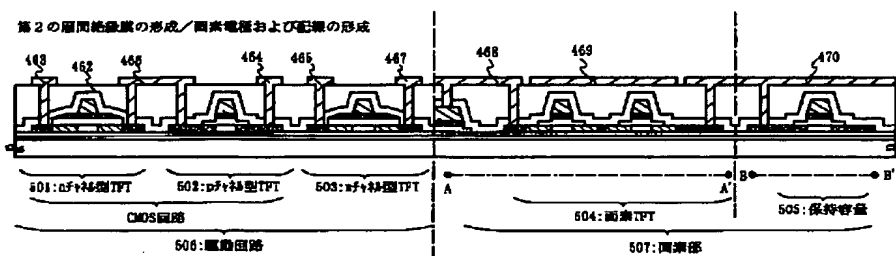
【図20】



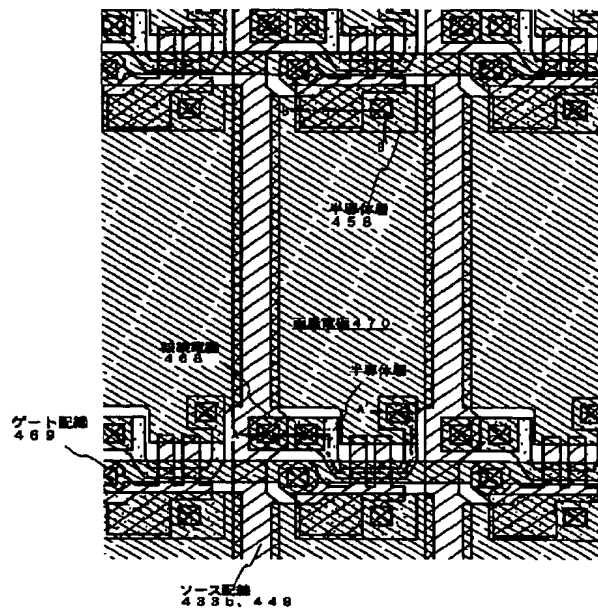
【図16】



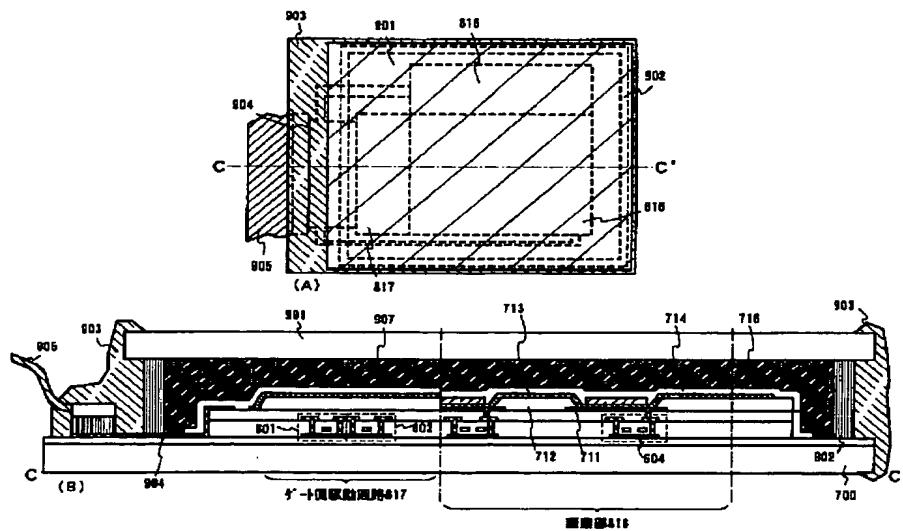
【図17】



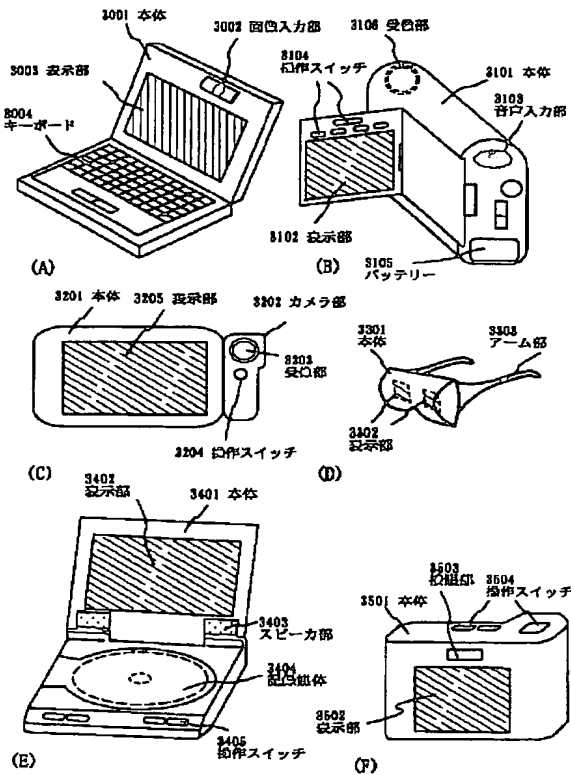
【図 18】



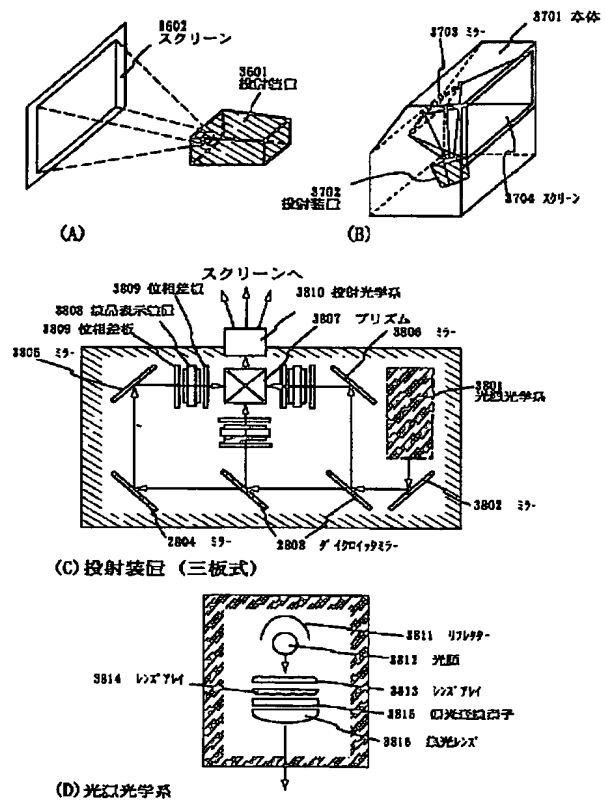
【図 2 1】



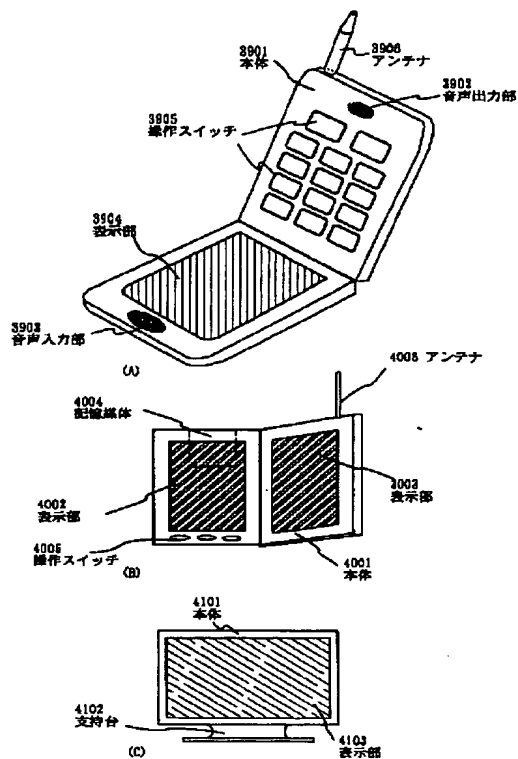
【図 22】



【図 23】



【図24】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H01L 21/336

識別記号

F I

テーマコード\* (参考)

F ターム(参考)	2H092 GA59 JA25 JA29 JA38 JA42	
	JB13 JB23 JB32 JB54 JB57	
	JB63 JB69 KA04 MA08 MA12	
	MA27 MA30 MA35 MA37 NA24	
	RA05	05
5C094	AA07 AA13 AA25 AA43 AA48	
	AA53 BA03 BA27 BA43 CA19	
	DA09 DA13 EA04 EA05 EA10	
	EB02 FA01 FA02 FB12 FB14	
	FB15 GB10	10
5F052	AA02 BA04 BA07 BA14 BB02	
	BB05 BB07 DA02 DB03 JA01	
5F110	AA01 AA16 BB02 BB04 CC02	
	DD01 DD02 DD03 DD05 DD13	
	DD14 DD15 DD17 EE01 EE02	15
	EE03 EE04 EE06 EE09 EE14	
	EE23 EE28 EE44 EE45 FF02	
	FF04 FF28 FF30 FF36 GG01	
	GG02 GG13 GG25 GG32 GG43	
	GG45 GG47 HJ01 HJ04 HJ12	20
	HJ13 HJ23 HL02 HL03 HL04	
	HL06 HL07 HL11 HM13 HM15	
	NN03 NN04 NN05 NN22 NN27	
	NN34 NN35 PP01 PP02 PP03	
	PP04 PP05 PP06 PP23 PP34	25
	PP35 PP40 QQ11 QQ23 QQ25	